

Санкт-Петербургский государственный университет
Российская академия сельскохозяйственных наук
Международная академия информатизации
ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии
ГНУ Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева
Фонд сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

посвященной 165-летию со дня рождения В.В. Докучаева

«РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ – ОСНОВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ»

1–4 марта 2011 года
Санкт-Петербург

Санкт-Петербург
2011

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: Б.Ф. Апарин (председатель),
Е.В. Абакумов, Н.Н. Матинян, М.А. Надпорожская,
А.И. Попов, О.В. Романов, А.В. Русаков,
А.Г. Рюмин, С.Н. Чуков

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Биолого-почвенного факультета
С.-Петербургского государственного университета*

М34 **Материалы Международной научной конференции «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России»** / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб.: Издательский дом С.-Петербургского государственного университета, 2011. – 538 стр.
ISBN 978-5-288-05155-5

В материалах конференции приведены результаты исследований агроэкологического потенциала почв, как основы продовольственной и экологической безопасности России. Рассмотрены вопросы адаптации сельского хозяйства страны к критическим ситуациям, нормирования антропогенной нагрузки на почвы, внедрения почвосберегающих технологий и научной организации территории. Отдельные главы посвящены информационным технологиям и просветительской деятельности в области охраны окружающей среды.

Для специалистов в области почвоведения, биологии, экологии, географии, сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

ББК 40.3



Материалы опубликованы при поддержке РФФИ (грант №11-04-06008-г)

ISBN 978-5-288-05155-5

©Авторы, 2011
©Биолого-почвенный факультет
С.-Петербургского университета, 2011

ОРГКОМИТЕТ

Международной научной конференции
«Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и
экологической безопасности России»

Председатель:

Иванов А.Л., вице-президент Россельхозакадемии, академик

Сопредседатель:

Горлинский И.А., первый проректор СПбГУ по научной и учебной работе, профессор

Заместитель председателя:

Апарин Б.Ф., зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, директор Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н., профессор

Члены оргкомитета:

Добровольский Г.В., академик РАН, почетный Президент общества почвоведов

Байков К.С., д.б.н., директор ГНУ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

Завалин А.А. академик-секретарь Отделения земледелия Россельхозакадемии

Каиштанов А.Н., академик Россельхозакадемии

Рожков В.А., член-корр. Россельхозакадемии, академик МАИ

Тихонович И.А., академик Россельхозакадемии, директор ГНУ Институт сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии

Хитров Н.Б., директор ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, д.с.-х.н.

Шоба С.А., член-корр. РАН, декан факультета почвоведения МГУ

Кафедра почвоведения и экологии почв СПбГУ:

Абакумов Е.В., старший преподаватель, к.б.н.

Гагарина Э.И., профессор, д.б.н.

Касаткина Г.А., доцент, к.б.н.

Матинян Н.Н., профессор, д.с.-х.н.

Надпорожская М.А., доцент, к.с.-х.н.

Попов А.И., академик РАН, профессор, д.с.-х.н.

Романов О.В., доцент, к.б.н.

Русаков А.В., доцент, к.б.н.

Рюмин А.Г., ассистент

Федорова Н.Н., доцент, к.б.н.

Федорос Е.И., старший научный сотрудник, к.с.-х.н.

Чуков С.Н., профессор, д.б.н.

Секретари:

Сухачева Е.Ю., зам. директора ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, к.б.н.

Константинова Т.А., ученый секретарь ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева

Пленарные доклады

Победа в Великой Отечественной войне дала возможность Советскому союзу направить экономические ресурсы на подъем сельского хозяйства. Проблемы здесь были очень велики. Губительные засухи, продолжающиеся с конца XVIII века через почти каждые 3–5 лет, истощение и эрозия почв основных зерновых районов, экстенсивное земледелие с низкой урожайностью (в среднем 9–10 ц/га зерновых культур) были тормозом для успешного экономического развития страны.

В 1948 г. Совет Министров СССР и Центральный комитет ВКП(б) принял постановление «О плане полезащитных насаждений, внедрение травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР».

Комплекс мероприятий согласно плану включал посадку защитных лесных полос, правильную организацию территории, внедрение севооборотов, внесение органических и минеральных удобрений, развитие орошения на базе используемых вод местного стока путем строительства прудов и водоемов. В сущности, это была устойчивая система мер, направленная на преобразование природы юга и юго-востока Европейской части СССР на площади 127 млн. га, превышающей размеры многих европейских государств вместе взятых.

Главным мероприятием плана было создание 8 государственных лесных полос двух типов – водораздельных и приречных, общей протяженностью 5820 км на площади 117.9 тыс. га. Они должны были стать базовыми структурными элементами для всей сети колхозно-совхозных полезащитных насаждений юго-востока на площади 6013 тыс. га.

Это был беспрецедентный в истории по своим масштабам план преобразования, по существу, целой природной зоны в границах одного государства.

Целью мероприятий была борьба с засухой, защита почв от водной и ветровой эрозии, повышение плодородия почв, рациональное использование земель и, как следствие, подъем земледелия и создание условий для устойчивого развития. Это было общегосударственное мероприятие обязательное для всех, без исключения, землепользователей рассчитанное на выполнение в течение 2–3-х пятилеток.

В широкой печати мероприятия называли «Сталинским планом преобразования природы».

За научную основу мероприятий был взят комплекс «Докучаева–Костычева–Вильямса», ядром которого являлась естественно-научная парадигма Докучаева по подъему земледелия в России. Она была успешно реализована при создании системы устойчивого землепользования в Каменной степи Воронежской области.

Не случайно, что в Постановлении предлагалось достижения НИИ Земледелия Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева в Каменной степи планомерно внедрить всем совхозам и колхозам степных и лесостепных районов.

Имелись ли объективные научные основания для осуществления такого амбициозного плана преобразования природы? Уместно вспомнить, что двумя годами раньше Правительство приняло постановление о праздновании столетия со дня рождения великого русского ученого В.В. Докучаева и увековечении его памяти. Оно-то и явилось прологом к Постановлению 1948 года.

В 1892 году была опубликована небольшая по объему, но чрезвычайно содержательная книга В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь». В ней впервые в мировой науке были вскрыты причины экологического кризиса целой природной зоны и предложена программа по его преодолению и поднятию сельского хозяйства юга России.

Программа включала сложную систему мер: регулирование рек, оврагов и балок, водного хозяйства в открытых степях, на водораздельных пространствах; разработку норм, определяющих относительные площади пашни, лугов, леса и вод; определение влагосберегающих приемов обработки почвы и подбор сортов культурных растений, приспособленных к местным условиям.

Эта система практически целиком и была положена в основу Постановления 1948 года.

Чтобы суметь управлять факторами, лежащими в основе сельского хозяйства, по Докучаеву, «необходимо иметь в виду, по возможности, всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные ее части. Необходимо одинаково чтить и штудировать все естественные факторы (почва, климат с водой и организмами)...всесторонне и непременно во взаимной их связи».

Для проведения комплексного исследования факторов сельского хозяйства и их практического использования Докучаев предложил открыть в России три типа или цикла учреждений. К первому циклу учреждений им были отнесены «чисто научные институты почвенного, метеорологического и биологического профиля». Их единственной задачей, по мнению Докучаева, должно быть «строго научное исследование важнейших естественно-исторических основ русского сельского хозяйства». Второй цикл представляли зональные опытные станции, предназначенные для испытания «добытых наукой положений и истин». Третий тип учреждений – зональные учебно-агрономические институты должны были готовить специалистов-агрономов. Последним непременным условием для поднятия земледелия России Докучаев считал необходимость понимания самими землевладельцами выгоды, а также прав и обязанностей по отношению к земле.

В 30-х годах XX столетия в СССР были созданы все 3 типа учреждений. Таким образом, необходимые предпосылки и условия для планирования и успешной реализации мероприятий по Постановлению (1948 г.) в стране уже были. К концу 1951 года площадь посадок полезащитных лесных насаждений превысила 2 млн. га, было создано свыше 13 тыс. прудов и водоемов, организовано более 350 лесозащитных станций.

Для научного обеспечения планов преобразования природы при Академии наук СССР был учрежден Комитет содействия, задачей которого была координация научной работы ученых и учреждений по решению основных научных проблем.

В первый год выполнения плана (1948 г.) была организована Комплексная научная экспедиция по вопросам полезащитного лесоразведения, созданы 2 стационара: Белопрудский и Аршань-Зельменский. Научное руководство исследованиями осуществлял академик В.Н. Сукачев. Материалы стационарных исследований (1949–1951 г.г.) являются хорошей основой для осуществления мониторинга почвенного и растительного покровов и гидрологического режима территории. В Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП) сохранились почвенные монолиты и образцы, отобранные в этот период. Они открывают уникальную возможность для определения изменения почв за шестидесятилетний период под влиянием лесных полос.

Должны были пройти долгие годы, прежде чем полезащитные полосы в полной мере оказали свое эффективное влияние на почвы и гидрологический режим. Еще предстоит оценить масштаб воздействия лесных полос и созданных прудов и водоемов на природу степной зоны. Экспедиции ЦМП по степной зоне, многочисленные материалы научных исследований водного режима черноземов свидетельствуют о происходящих крупных изменениях в степной зоне.

Сталинский, а по существу Докучаевский план преобразования природы, реализованный в начале 1950-х г.г. явился долговременной основой для дальнейших шагов по модернизации земледелия на юге и юго-востоке Европейской части России в 60–70-х годах прошлого столетия.

В значительной мере, предоставленные сами себе, государственные полезащитные лесные полосы, бесчисленные рукотворные водоемы и пруды в верховьях оврагов и балок – это «Докучаевские» бастионы на передовых рубежах защиты продовольственной и экономической безопасности России.

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И ОСУШЕНИЕ БОЛОТ

Б.В. Бабилов

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия

Болото – это участок территории с наличием торфа толщиной не менее 30 см, так принято в лесохозяйственной классификации болот. Болота образовались в процессе зарастания водоемов, прежде всего озер. Большинство жителей Санкт-Петербурга посещало Ладожское озеро и знают, что там почти нет чистых песчаных берегов. Они заросли камышом и тростником. Камыши и тростник растут в озере до глубины не менее 0.5 м. Со временем среди камышей появится ряска, белокрыльник, местами осока. Идет отложение сапропеля на дне. Позднее появляется сабельник с мощными корневищами, формируется так называемая сплавина (плавающий ковер из растений),

которая постепенно покрывает всю поверхность озера. Образуется торфяное болото. Болотообразование – процесс длительный, занимающий столетия, тысячелетия. Например, возраст болот Ленинградской области 8–10 тысяч лет и более.

Сформировавшееся болото со временем зарастает с поверхности сфагновыми мхами. Вот это и горючий материал, и причина пожаров на болотах.

На развитых сфагновых болотах с рыхлым верхним слоем торфа влага к поверхности от грунтовых вод поднимается на небольшую высоту – 10–15 см. Выше поверхность торфа (поверхность болота) почти всегда сухая, независимо от того осушено оно или не осушено. Например, при положении грунтовых вод на глубине 3.5–4 см, влажность почвы поверхности составляет 30–35 %. При грунтовых водах, находящихся на глубине 31–35 см влаги в поверхностных горизонтах торфа менее 2–3 % (Бабилов, 1976).

Надо учесть, что поверхность большей части болота не ровная, много микроповышений, высоких кочек. Последние еще более сухие. Появись источник огня – и пожар обеспечен, не зависимо от того – осушено болото или не осушено.

Температура в зоне горения достигается нескольких сотен градусов, и вся влага вокруг зоны горения испаряется. Пожар распространяется и вширь, и вглубь.

Площадь болот в лесах России около 130 млн. га и еще заболоченных земель около 100 млн. га. Всего около 220 млн. га. Это почти 22 % лесных земель.

В Ленинградской области болот и заболоченных земель около 1 млн. га. Осушенных около 400 тыс. га. В лесах России осушено около 3 млн. га, из них – около 40 % болота.

Для чего осушают лесные болота? Цели лесного хозяйства – выращивание древесины (точнее одна из целей). На неосушенных болотах часто леса нет. А там где есть лес, то запасы древесины не превышают 80–100 м³/га. Имеющийся лес – тонкомерный, древесина пригодна только на дрова. Да и те невозможно заготовить и вывезти, нет дорог.

Эксплуатационные древостои должны иметь запас 300–350 м³/га.

В осушенных лесах на каждом гектаре можно получить 400–500 м³ и более. Увеличивается ли при этом вероятность загорания леса? Она не выше, чем в любых сосновых лесах. На осушенных болотах грунтовые воды располагаются на глубине 35–45 см, в сухие годы – до 50 см. Поверхность болот сухая, но сухая она и в сухие годы на неосушенных болотах.

Но если при тушении пожара на неосушенном болоте до пожара не добраться, нет дорог, то на осушенных болотах имеется сеть дорог, мостов, есть и пожарные водоемы.

Существует мнение, навеянное газетными статьями, радио и телевидением, что при осушении болот, мелеют реки и, для тушения пожаров нет воды. Это не правильно.

Нашими исследованиями, проведенными в 1967–1981 годах, а позднее это было подтверждено и другими исследователями, доказано при осушении поступление воды в реках летом увеличивается.

Сток с неосушенных болот, наиболее интенсивен в апреле, составляя на неосушенных болотах до 60 % годовой величины и более, на осушенных на 5–8 % меньше. Летом сток снижается, оказываясь на неосушенных болотах ниже, чем с болот осушенных в 1.5–2.0 раза. Поэтому, реки летом в зоне осушения лесных болот полноводнее. Повышенный сток летом с неосушенных болот наблюдается, но только в дождливые годы (Бабилов, 1978, 1998). В такие годы болота переполнены водой и вся дождевая вода быстро стекает в водотоки. На осушенных болотах, поскольку каналы постоянно отводят воду, дождевая вода наполняет свободные от воды почвенные поры, аккумулируясь в ней, а потом, имея уклон в сторону канала, согласно закону Дарси постепенно стекает в водотоки (каналы). Весенний сток с осушенных болот меньше, чем с неосушенных, на его долю приходится около 50 % годового стока. Летний же сток более чем в 2 раза больше, чем с осушенных.

Для тушения лесных пожаров необходимы специалисты из лесной охраны. Лесные пожары особенно на болотах, сверху водой не залить, не затушить. Их не надо пускать вглубь. Особенно тушения лесных пожаров знакомы только специалистам лесного хозяйства. Таких специалистов теперь нет.

Лесные пожары 2010 года показали, что необходимо организовать подготовку специалистов по изучению особенностей лесных пожаров и способам их тушения, это можно сделать в качестве специализации в ВУЗах, например, в Лесотехнической академии, где есть такой опыт.

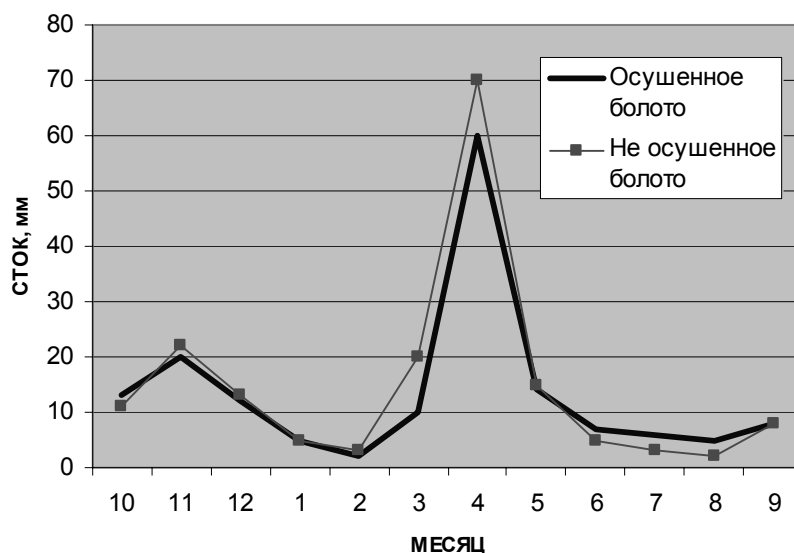


Рисунок. Гидрограф стока с осушенного и неосушенного болота

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабиков Б.В.* О нормах осушения торфяных почв // Лесоведение, лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Вып. 5. – Л.: ЛТА, 1976. С. 114–117.
2. *Бабиков Б.В.* Влияние осушения лесных болот на сток и водное питание рек // Лесной журнал. – Изд-во высш. учеб. зав. 1978. №1. С. 146–148.
3. *Бабиков Б.В.* Формирование стока в лесах на осушенных торфяных почвах // Лесной журнал. Изд. высш. учеб. зав. 1998. № 2–3. С. 7–11.

УДК 631.48

ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА «ПОЧВЫ СИБИРИ» НА СЕРВЕРЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК: СТРУКТУРА, ВОЗМОЖНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

К.С. Байков

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, kbaikov@mail.ru

Создание тематических электронных библиотек было инициировано бурным развитием компьютерных технологий и среды Интернет. К настоящему моменту многие из них уже детально разработаны и хорошо известны, разработка других еще только начинается. Идеино-методической основой для разработки новой электронной библиотеки, посвященной почвам Сибири, послужил опыт создания электронной библиотеки по биологическому разнообразию животного и растительного мира Сибири, размещенной на сервере Сибирского отделения Российской академии наук по адресу <http://www.nsc.ru/win/elbib/atlas>. До недавнего времени почвы как важный компонент наземных экосистем не были представлены в этой электронной библиотеке. В 2010 году сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН было начато создание отдельной тематической электронной библиотеки под названием «Почвы Сибири».

Документ основной (базовой) таблицы этой библиотеки имеет следующую структуру (набор полей): название почвенного типа по классификации 2004 г.; административные районы Сибири (приводятся перечислением областей, краев, республик); диагностические признаки (дается описание основных диагностических признаков); где формируются данные почвы (под каким типом растительности и т.д.); формула почвенных горизонтов; глубина залегания грунтовых вод; реакция почвы (рН); название по классификации 1977 г.; название ствола и отдела по классификации 2004 г.; комментарий. Для каждого из перечисленных полей определены их свойства: тип (STRING – строго структурированный тип, ТЕХТ – неструктурированный текст, размер до 255 знаков, BIGТЕХТ – неструктурированный текст, размер до 65000 знаков), название, шаблон выдачи, обязательность заполнения (да/нет), включено в поиск (да/нет), дополнительные свойства объекта. Администратор таблицы имеет возможность дополнять набор полей новыми полями, изменять их порядок, тип, редактировать название и др. Возможно введение в электронную библиотеку иллю-

страций (тип PHOTO), числовой информации (INT – для последующей статистической обработки данных), фиксированного списка (поле типа SELECT), поля-заголовка (NULL), поля-комбинации полей (шаблон, FUNCTION), ссылки на другую тематическую таблицу (TABLE), установить связь с объектом из дочерней коллекции (LINK), дать ссылку на объекты (ANCHOR), указать внешний текстовый объект (таблицу, список) – поле типа LIST. Условия и правила использования полей различных типов подробно описаны в специальном руководстве, вложенном в систему. Поддержание целостности, защиту данных, включение новых модулей осуществляют сотрудники Института вычислительных технологий СО РАН, общую координацию работ выполняет чл.-кор. РАН А.М. Федотов.

NN	Название	Значение
2	Название почвенного типа по кл. 2004г.	Подзолистые.
3	Административные районы Сибири	Тюменская обл., Томская обл., Новосибирская обл., Красноярский край, Иркутская обл.
4	Диагностические признаки	Гумусовый горизонт отсутствует. На поверхности расположен маломощный подстильно-торфяной горизонт 3-10 см, под которым может наблюдаться прослойка грубого гумуса или перегноя. Залегаящий ниже элювиальный горизонт EL имеет однородную белесую или палевую окраску, иногда - сероватый или сизоватый оттенок. Текстурированный горизонт BT бурых тонов, имеет отчетливо выраженную ореховато-призматическую структуру. Наблюдаются ясные признаки иллювирирования в виде глинистых и железистых кутан на поверхности педов.

Рисунок 1. Фрагмент формы для ввода и редактирования данных в электронной библиотеке «Почвы Сибири».

NN	Название	Значение
	Owner	<input type="text"/>
	Идентификатор	<input type="text"/>
1	Название почвенного типа по кл. 2004г.	<input type="text"/> начинается с
2	Административные районы Сибири	<input type="text"/> текст
3	Диагностические признаки	<input type="text"/> текст
4	Формируются под...	<input type="text"/> текст
5	Почвенные горизонты	<input type="text"/> текст
6	Глубина залегания грунтовых вод	<input type="text"/> текст
7	Реакция почв	<input type="text"/> текст
8	Название по классификации 1977г.	<input type="text"/> текст
9	Ствол по кл. 2004г.	<input type="text"/> начинается с
10	Отдел по кл. 2004г.	<input type="text"/> начинается с
11	Комментарий	<input type="text"/> текст

Рисунок 2. Форма для поиска данных в электронной библиотеке «Почвы Сибири».

Согласно списку выбранных полей генерируется форма для ввода информации о каждом новом объекте. Фрагмент такой формы с данными по подзолистым почвам приведен на рисунке 1. После первичного ввода информации и создания соответствующей записи можно затем вносить в неё любые исправления и дополнения. При этом система администрирования обеспечивает защиту авторских прав так, что только автор записи может её изменить или удалить полностью. Возможность работы в режиме удаленного доступа позволяет заполнять систему одновременно из разных городов. Система поиска включает контекстный и сложный – по комбинации полей (рисунок 2). Планируется создание дочерней таблицы «Почвенные разрезы», которая позволит проводить диагностику конкретных почвенных разрезов и уточнять классификацию почв России региональными особенностями сибирских почв.

УДК: 631.04

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ
Д.С. Булгаков, Э.Н. Молчанов, И.И. Карманов, В.А. Рожков
Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии
bulgakov@agro.geonet.ru

Возникновение и развитие деградации почв является закономерной реакцией природных экосистем на антропогенные воздействия, не учитывающие или игнорирующие законы их функционирования.

Деградация почв представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функции почв, количественному и качественному ухудшению их состава, свойств и режимов природно-хозяйственной значимости земель (Современное сельскохозяйственное землепользование в России: состояние, проблемы и перспективы, 2007).

В современной научной литературе понятие деградации трактуется значительно шире. Оно включает негативные изменения целого ряда свойств почв (земель), в том числе – их плодородия (И.И.Карманов, Д.С.Булгаков, 1998; А.С.Фрид, 1998; Н.Б.Хитров, 1998; Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель, 1994; Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель, 1995 и др.).

Деградация почв может быть обусловлена большим количеством различных факторов, как *природных, так и антропогенных.*

Природные факторы деградации (не осложненные деятельностью человека) проявляются, как правило, локально и не приводят к существенным изменениям свойств почв на значительных площадях.

Антропогенные факторы деградации почв распространены значительно шире. Однако наиболее часто деградация происходит при комбинированном воздействии природных и антропогенных факторов, причем антропогенное влияние создает предпосылки для активизации природных воздействий (распашка почв на склонах резко активизирует их смыв, неумеренный выпас скота на легких почвах в пустынно-степной зоне – ветровую эрозию, возделывание пропашных культур активизирует минерализацию гумуса, нарушает его баланс в почве и т.д.).

Природно-антропогенные воздействия на почвенный покров обусловлены как характером природных процессов, не зависящих от землепользователя, так и антропогенных (экономическими возможностями, культурой ведения сельскохозяйственного производства, социальными причинами, а также политикой государства в отношении аграрного сектора). Природно-антропогенные воздействия на почвенный покров приводят, как правило, к следующим изменениям: а) улучшение в целом свойств почв и повышение их плодородия; б) различные незначительные изменения свойств почв при сохранении их плодородия; в) ухудшение в целом свойств почв и снижение их плодородия. Во многих случаях разграничить природные и антропогенные факторы деградации бывает очень сложно.

Все виды деградации почв можно условно разделить на три группы: *физическая деградация; химическая деградация; биологическая деградация.* Все эти три группы деградации во многом взаимно влияют друг на друга и, как правило, проявляются совместно.

Виды деградации – это конкретные формы ее проявления, оказывающие существенное влияние на свойства и режимы почв и их природную и хозяйственную ценность. К основным из них относятся: водная эрозия (плоскостной смыв почв), ветровая эрозия (дефляция), овражная эрозия,

дегумификация, переуплотнение, переувлажнение, вторичное засоление, осолонцевание, подкисление, подщелачивание, агроистощение (обеднение элементами питания растений), загрязнение и др.

Деградация почв обуславливает рост затрат различного рода ресурсов (энергетических, сырьевых, информационных и проч.) для достижения ранее получаемого количества и качества продукции и/или увеличение ограничений на дальнейшую деятельность человека. Значительные площади ежедневно исключаются из сельскохозяйственного оборота в результате нерационального использования земель и их деградации (ФАО, Хартия почв, 1982).

Большинство российских сельскохозяйственных производителей в настоящее время не имеют финансовых средств и материальных ресурсов для рентабельного, экологически безопасного ведения хозяйства. В тоже время они, как правило, не учитывают ущерб, наносимый земельному участку процессами деградации почв.

Подсчеты специалистов показывают, что в России только от эрозии почв ущерб составляет 18–25 млрд. руб./год. От различной степени уплотнения почв, связанного с использованием на пахотных угодьях тяжелой техники, потери урожайности сельскохозяйственных культур могут достигать 50–60 %, а при вторичном заболачивании, или засолении растения часто полностью погибают. На территории страны процессы деградации почв имеют широкое распространение. Так, на 100 млн. га сельскохозяйственных угодий встречаются солонцовые комплексы и засоленные почвы, более 50 млн. га подвержены эрозии, на 15 млн. га отмечается переувлажнение и заболачивание почв. В среднем по стране за последние 25 лет содержание гумуса в почвах уменьшилось на 0.5 %. Сохраняется дефицит фосфора, калия, кальция и др. элементов (Орлов Д.С. и др., 2002). За последние 5–6 лет на пашне (фактически используемой) примерно в 1.5 раза возросли площади кислых почв, примерно в 1.5 раза усилились темпы ежегодного снижения содержания гумуса, отрицательный баланс NPK достиг примерно 100 кг/га в год. Особенно деградационным почвенным процессам подвержена территория Европейской части России, на которой проживает почти 50 % населения и производится более 70 % сельхозпродукции.

За последние 20 лет уровень плодородия почв пашни за счет всех видов деградации, по нашим подсчетам, снизился, примерно, на 10–12 %. Темпы снижения плодородия почв за счет деградации в эти годы (по сравнению с периодом 1970–1990 гг.) возросли. Для уровня интенсивности и культуры земледелия, который существовал на территории России в восьмидесятые годы, а он был в 2–2.5 раза ниже уровня высокоразвитых стран, такое снижение соответствует ежегодной потере продукции на сумму порядка 3.5–4 млрд. долларов США. За счет столь активного проявления процессов деградации и нанесения ущерба сельскохозяйственным угодьям значительно увеличилась и степень риска участников земельного рынка.

Почвенный институт имени В.В. Докучаева на протяжении всей своей истории занимается проблемой деградации почв и, в частности, изучением причин и механизмов возникновения и развития разных видов деградации, закономерностей их географического распространения, связей с особенностями строения природных комплексов, разработкой методов картографирования деградированных почв и мер по предотвращению деградации почвенного покрова страны и воспроизводства почвенного плодородия.

Вместе с тем при исследовании процессов деградации почв, выработке мер по предотвращению их развития и воспроизводству плодородия деградированных почв приходится сталкиваться с целым рядом проблем научного, организационного и социального характера.

Научные проблемы:

1. Отсутствие надежных критериев для разделения естественных процессов, ограничивающих сельскохозяйственное производство, и аналогичных им деградационных процессов, вызванных антропогенной деятельностью. Сложность проблемы связана с природоподобным характером большинства деградационных процессов и/или сходными результатами этих двух групп процессов.

2. Отсутствие экспресс-методов определения степени развития многих деградационных процессов при наземных почвенных исследованиях.

3. Отсутствие надежных и достоверных прямых и косвенных признаков дешифрирования и диагностики ряда деградационных процессов для использования при их картографировании на основе материалов дистанционного зондирования. Получаемая информация имеет высокую степень неопределенности и существенно различается в разных почвенно-агроэкологических регионах.

4. Недостаточная точность прогноза многих видов деградации, обусловленная сложностью самих процессов, зависящих от большого числа переменных. По этой причине многие модели процессов деградации ограничены региональными рамками, а для их реализации требуется большой объем многолетних экспериментальных данных.

5. Недостаточное использование информационных и математических методов изучения процессов деградации.

Организационные проблемы:

1. Приблизительный характер и противоречивость данных о площадях проявления разных видов деградации, что обусловлено преобладанием экспертных оценок вместо реально действующей системы наблюдений. Например, материалы Государственных докладов об использовании земель в Российской Федерации в части площадей, подверженных водной эрозии и засолению содержат следующие данные: по состоянию на 01.01.2005 г. – 19.1 % (эрозия), – 18.1 % (засоление); на 01.01.2006 г. – 17.7 % (эрозия), – 19.5 % (засоление); на 01.01. 2007 г. – 17.8 (эрозия), – 20.1 (засоление); на 01.01.2010 г. – 17.8 (эрозия), – 20.1 (засоление). Эти данные практически повторяются из года в год из-за отсутствия реального учета этих явлений – сплошные почвенные обследования в стране не проводятся уже более 20 лет, а единая государственная система мониторинга земель, призванная вести наблюдения, в том числе и за деградационными процессами, так и не создана.

2. Невершенная нормативно-правовая и законодательная база оценки, рационального использования и охраны почв и земель.

3. Недостаточная обоснованность комплексных мероприятий, направленных на предотвращение одних конкретных видов деградации, исключаящих развитие других их видов. Комплексные меры по борьбе с одним видом деградации почв часто провоцируют возникновение и развитие других их видов.

4. Отсутствие системы прогноза всех видов деградации при выполнении любого воздействия на почву и/или ландшафт, в том числе воздействий, направленных на предотвращение, ослабление или ликвидацию последствий какого-либо определенного вида деградации.

Социальные проблемы.

1. Крайне низкая информированность населения и, часто, недостаточная информированность специалистов разного профиля о видах деградации почв, об условиях их возникновения и развития, а также о мерах по их предотвращению и воспроизводству почвенного плодородия.

2. Политизация проблемы деградации почв и охраны земель, часто используемой в предвыборных дискуссиях и не решаемых после выборов кампаний.

3. Экономические условия, не способствующие сохранению и воспроизводству почвенных ресурсов.

Для предотвращения или минимизации ущерба, наносимого почвам (землям) конкретной территории необходимо применение комплекса мероприятий, включающего: 1) учет наиболее значимых свойств и особенностей территории (участка) при выборе оптимального его использования; 2) соблюдение всех необходимых технологических циклов и их элементов при любых видах использования; 3) своевременное применение приемов мелиорации и рекультивации по предотвращению развития деградационных процессов и воспроизводству почвенного плодородия; 4) трансформацию в другой вид использования при невозможности или нецелесообразности (по причине деградации почв и нанесенного ущерба) сохранения на территории (участке) прежнего вида использования.

УДК 631.4

РОЛЬ И МЕСТО ПОЧВОВЕДЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

А.С. Владыченский

Факультет почвоведения Московского государственного университета, asvlad@list.ru

Почвоведение как фундаментальная естественнонаучная дисциплина давно занимает важное место в высшем образовании. Одно из направлений подготовки почвоведов связано с университетским образованием. На необходимость включения почвоведения в программы университетского образования, как и на необходимость создания кафедр почвоведения в университетах, неоднократно указывал В.В. Докучаев. В настоящее время кафедры почвоведения существуют во всех классических университетах. Их усилиями ведется подготовка студентов по специальности «Почвоведение».

ние», а также обучение студентов других специальностей, в учебном плане которых представлено почвоведение – биологов, геологов экологов и других. При этом важно подчеркнуть, что университетские кафедры почвоведения являются крупными научными центрами в области наук о почве. Другой важной составляющей в подготовке почвоведов являются академии и институты сельскохозяйственного профиля, многие из которых также являются не только учебными, ни и научными центрами. Кроме этого, подготовку в области почвоведения (обычно в объеме одного, реже двух или более курсов) получают студенты высших учебных заведений экологического профиля.

Целесообразность и необходимость подготовки в области почвоведения не вызывает сомнения как у самих почвоведов, так и руководителей образовательного процесса по другим естественнонаучным специальностям. В то же время почвенное образование сталкивается в настоящее время с рядом проблем как объективного, так и субъективного характера. Одна из них заключается в определенных трудностях с набором студентов. Она связана демографической ситуацией, а также с современным формированием определенных приоритетов в выборе специальности среди молодежи. В основном ВУЗы решают эту проблему, однако она существует и требует к себе внимания.

Другой требующий внимания вопрос связан с трудоустройством выпускников. В целом образование, получаемое почвоведом, позволяет большинству из них не испытывать затруднений с устройством на работу, однако эта работа не всегда связана с полученной специальностью.

Следует отметить, что почвоведение остается востребованным в естественнонаучном образовании, о чем свидетельствует введение этой специальности в ряде высших учебных заведений, а также включение почвоведения в образовательные программы по экологии, биологии и ряду других специальностей. Таким образом, почвоведение является признанной и необходимой составной частью современного естественнонаучного образования, требующее в то же время принятия определенных мер для сохранения и упрочения своих позиций.

В этой связи в качестве одной из главных мер такого рода целесообразно включить в образовательные программы элементы инновационного, прикладного характера. В частности, возможно введение таких блоков, как оценка, нормирование и сертификация почв, почвенные и экологические технологии, теория и технологии ремедиации почв и других. Включение такого рода блоков расширит возможности трудоустройства выпускников по специальности и сделает почвенное образование более привлекательным для молодежи.

Необходимо усилить работу по популяризации почвоведения, ориентируясь не только на пропаганду фундаментальных его достижений, но и на его инновационный потенциал.

Уделяя внимание прикладным аспектам почвенного образования, не следует ни в коей мере уменьшать фундаментальную его составляющую ни по объему, ни по теоретическому уровню. Сохранение фундаментальности почвенного образования является необходимым условием успеха в других его частях.

УДК 631.4

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ РОССИИ

Г.В. Добровольский, Г.С. Куст

Институт экологического почвоведения МГУ, Москва, gkust@yandex.ru

Проблема 1: Разночтения в понимании ресурсных качеств почв и земель и потеря управляемости почвенными ресурсами: в действующем законодательстве понятие «почва», «почвенные ресурсы» не закреплено, объектом земельных отношений является земельный участок, и не разъяснено (хотя и декларировано) как объектом земельных отношений выступает земля как природный объект и природный ресурс. Это приводит к умалению значения почвенных ресурсов в экономике страны и повседневной жизни, способствует деградации земель и интенсивному сокращению почвенных ресурсов страны. *Приоритетные направления действий:* Определение на законодательном уровне понятия «почвы», «почвенные ресурсы». Принятие федерального закона «О почвах» (как природном ресурсе). Усиление практики правоприменения в области установления и контроля ответственности землепользователей за качеством земель. Создание единой системы геоинформационного мониторинга и картографирования состояния почвенных ресурсов.

Проблема 2: Недостаточное развитие стимулов обеспечения устойчивого землепользования: в современной России экономически более выгодно вести экстенсивное хозяйство, «выжимая» ресурсы почв, без принятия мер по восстановлению. *Приоритетные направления действий:* Разработка системы критериев и механизмов стимулирования рационального землепользования. Единая система сертификации и паспортизации почвенных и земельных ресурсов. Система нормативов и технических регламентов по эксплуатации ресурсных качеств почв в составе земель разного назначения. Инвестирование в качество земельных ресурсов.

Проблема 3: Низкая культура управления почвенными ресурсами (недооценка их значимости и непонимание необходимости бережного отношения к земле). *Приоритетные направления действий:* Разработка системы кадрового обеспечения, образования, финансовых механизмов в области управления, контроля качества земельных ресурсов. Повышение квалификации управленческого персонала, отвечающего за использование и мониторинг земельных ресурсов. Создание консультативной системы по использованию и охране земельных ресурсов (в том числе по типу саморегулирующихся организаций). Введение показателей качества почв при оценке земельных участков. Создание системы социальной рекламы ценности почв и земель как национального богатства.

Проблема 4: Отсутствие на федеральном уровне работоспособной системы координации по вопросам управления качеством земельных ресурсов (отсутствие федерального ведомства). *Приоритетные направления действий:* Разработка и создание федеральной системы (федерального ведомства) координации по вопросам управления качеством земельных ресурсов. Усиление координации между органами государственного управления в области землепользования и управления почвенными ресурсами. Создание межведомственного и межрегионального координационного совета по выполнению национальных и региональных программ. Создание институциональных условий и механизмов управления качеством земельных ресурсов на разных уровнях.

Проблема 5: Низкий уровень международного сотрудничества в области управления качеством земельных ресурсов. *Приоритетные направления действий:* Согласование международных и национальных стандартов, систем сертификации в области управления качеством земельных ресурсов, продукции землепользования. Сотрудничество в рамках международных конвенций по адаптации успешных моделей устойчивого землепользования в сходных биоклиматических условиях РФ. Создание условий для разработки конкурентоспособных отечественных технологий в области рационального землепользования, сельского и лесного хозяйства, и последующего их внедрения на мировой рынок.

УДК 631.412

HERACLEUM SOSNOWSKYI – THREAT TO LANDSCAPE OR SOIL DEGRADATION

A. Karklins

Latvia University of Agriculture, Aldis.Karklins@llu.lv

Heracleum sosnowskyi Manden or Sosnowskyi Hogweed is originally native to the Caucasus, but now it is a common weed also in the Baltic States. Extensive dissemination of this plant began about 60 years ago when it was proposed as a new and productive forage and nectar crop in Latvia. In 1980s this plant got out of control, and invasion of cultivated and virgin ecosystems started. Today it occupies at least 12 thou. ha with a 10 % growth rate annually. Large and dense Hogweed stands are within the area where introduction research was done or where former state and collective farms had realised their innovative activities. Expansion of Hogweed within the biotypes of Latvia is considered as very negative and therefore different discussions about realization of state-wide actions are proposed. The aim of our research was to study the influence of Hogweed on some soil properties.

The research was performed in 2009 in two parts of the same field. One – where dense Hogweed stand exists at least 10 years, and the other – with cocksfoot grass (*Dactylis glomerata* L.) sward. Soil tillage including grass harvesting for this field was ceased about 20 years ago. Soil – sod-stagnogley or Luvic Stagnic Phaeozem (Epiabruptic, Bathychromic); fine sandy loam. Soil is formed on slightly calcareous glacial till; free carbonates are deeper than 100 cm.

Horizon of humus accumulation (Ah) under the Hogweed stand reached 32 cm; humus content – 2.62 %. Subjacent AЕg horizon extended up to 41 cm from the soil surface with 0.66 % of humus. At the same time, under perennial grasses sward without Hogweed, Ah horizon was only 20–25 cm thick, but

humus content was slightly higher – 2.77 %. Calculating humus stock within the 0–60 cm soil layer under Hogweed it was 125.2 t ha⁻¹, but under grass – 110.7 t ha⁻¹.

Soil moisture pattern under Hogweed stand was heterogeneous. Under the central stem of Hogweed, the soil was wetter because the leaves like funnels intercepted precipitation and drained the water along the petiole and stem into the soil. At the same time soil under leave blades was dryer. For example, field measurements of soil moisture in Ah horizon indicated that under the central stem it was 31.6 % (volumetric), but at the distance of 20–25 cm from the stem – only 16.4 %. Soil moisture under cocksfoot grass was 26.2±1.53 %. The total water content for soil layer 0–20 cm under Hogweed was significantly lower – 36.5 mm, compared with 55.6 mm under grass sward. Weather conditions before field investigations were characterized by high air temperature and lack of precipitation, but about 6 hours before measurements a heavy shower occurred.

Well-developed earthworm channels and root pipes, as well as root distribution of up to 100 cm from soil surface were characteristic for soil under the Hogweed stand. Intensive weathering of coarse fragments and gradual and wavy Ah horizon boundary were typical features of the soil profile under Hogweed stand, which probably was due to the loosening action of deep-penetrating plant roots. Also some differences in top layer (0–20 cm) soil porosity were observed. The total porosity under Hogweed stand was 51.5 %, from which 40.0 % was capillary and 11.6 % – non-capillary; in the field part with grasses – 43.7 %, 34.9, and 8.8 % respectively. Under Hogweed even at the depth of 100 cm the total porosity was 35.4 % (29.0 % – capillary, and 6.4 % – non-capillary).

Hogweed is able to produce a large biomass. If the density of stand is 5 plants per m², then the green mass in the middle of July can reach 57 t ha⁻¹. Normally it contains about 16 % of dry matter, 14.6 % of crude protein, 26 % of crude fiber, 11.2 % of crude ash, 1.72 % of Ca, 0.2 % of P, and other elements and compounds. The biomass of Hogweed is acid: pH about 3.9. Probably this has influenced some changes in soil reaction in Ah horizon: under Hogweed pH H₂O was 5.61, pH KCl – 6.39, but under cocksfoot grass sward – 5.97 and 6.87 respectively. These differences were observed at the depth of up to 60 cm. Penetration resistance of soil surface (0–25 cm) was similar for both locations: under Hogweed – 474(±178.4) but under cocksfoot grass sward – 400(±110.5) N cm⁻². Measurements of penetration resistance for deeper layers were impossible due to the high bulk density of soil.

УДК 631.10

ДОКУЧАЕВСКИЙ КОМПЛЕКС В КАМЕННОЙ СТЕПИ – ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ,
НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ОСНОВА БОРЬБЫ С ЗАСУХОЙ И СОЗДАНИЯ
УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

А.Н. Каштанов¹, Турусов В.И.²

¹ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва,

²Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева

sveta@agro.geonet.ru

Главным достижением в жизни В.В. Докучаева, безусловно, является его Учение о почвах. На второе место можно поставить Учение о природных зонах. Не менее важной заслугой В.В. Докучаева перед аграрной наукой и практикой, по нашему мнению, является Учение о природе засух в России и комплексе мер борьбы с ними.

До 17 века на землях ЦЧР и Юго-Востока России отмечено 8–10 засух и неурожайных лет. В 17–18 веках их число удваивается. В 1865–1890 годах было 10 неурожав. Летом 1891 года почти всю черноземную полосу Европейской России охватила небывалая засуха. Посевы погибли, люди вымирали от голода целыми селениями.

Системы земледелия, применявшиеся тогда в черноземных степях, были не способны отразить удар стихии. Во весь рост встала проблема – как дальше вести земледелие в засушливых районах.

Решать эту труднейшую задачу было поручено Василию Васильевичу Докучаеву и его сподвижникам, для чего 22 мая (по старому стилю) 1892 года при Лесном департаменте Министерства госимуществ была образована «Особая экспедиция по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России». На этом документе значится личная подпись царя – «Быть посему».

К работе экспедиция под руководством В.В. Докучаева приступила в июне 1892 года. В ней участвовали Н.М. Сибирцев, К.Д. Глинка, П.А. Земятчевский, П.В. Отоцкий, Г.Н. Высоцкий, Г.Ф. Морозов, Г.И. Танфильев, А.А. Измальский, П.А. Костычев.

Было создано три опытных участка: Хреновский (Каменная степь), Старобельский, Велико-анадольский (Мареупольский уезд).

В результате огромной работы членов Особой экспедиции в Каменной степи был создан уникальный стационар (научно-производственная база) и проведены исследования по изучению природы и выявлению эффективных мер борьбы с засухами.

Установив причины «болезни земледельческого организма», В.В. Докучаев и его выдающиеся соратники в короткие сроки разработали и реализовали на практике *Комплекс мер по борьбе с засухой и недородами*, который вот уже 120 лет успешно справляется со своими задачами (в том числе и в 2010 году) и является образцом прочного единства аграрной науки и практики, замысла ученых и его практической реализации.

В августе 1948 года Правительство СССР приняло беспрецедентное решение «О плане защитных насаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР», положив в основу «Комплекс Докучаева, Костычева, Вильямса».

В начале пятидесятых годов, с приходом к власти Хрущева наряду с огольным отрицанием травопольной системы земледелия были практически прекращены работы по посадке защитных лесных полос, строительству прудов и водоемов.

Однако, сильные засухи и пыльные бури, большой недобор зерна и другой растениеводческой продукции во второй половине 50-х годов на целинных землях (1954, 1957, 1959, 1963, 1969 г.), в конце 60-х годов на Северном Кавказе (1969, 1970 г.), в 1972 году в Центральном регионе, ряд засух 80-х годов еще раз наглядно подтвердили правильность выбора В.В. Докучаевым путей и мер по борьбе с ними.

Учитывая исключительно большое научное и практическое значение работ В.В. Докучаева и Особой экспедиции под его руководством, Президиум Россельхозакадемии при поддержке Правительства РФ 23–26 июня 1992 года провел свою первую (выездную) сессию в Каменной степи (НИИСХ ЦЧП) «Научное наследие В.В. Докучаева и современное земледелие», посвященную 100-летию организации экспедиции.

Сессия подвела итоги и дала высокую оценку работе Особой экспедиции и трудам В.В. Докучаева, приняла развернутое решение о более полном использовании и развитии его учения, усилении научных исследований по борьбе с засухой и разработке новых адаптивно-ландшафтных систем земледелия, формирования сбалансированных и устойчивых агролесоландшафтов.

За истекшие после сессии годы, несмотря на большие трудности, связанные с земельной реформой и отсутствием внимания со стороны государства и местных властей, научными учреждениями Россельхозакадемии проделана большая работа в этом направлении. Появились современные, на новой эколого-ландшафтной основе агро-лесомелиоративные комплексы (Курская, Белгородская, Ростовская, Волгоградская, Саратовская, Ульяновская области, Ставропольский край и др.).

На полях этих комплексов в прошлом очень засушливом году получено от 1.5 до 3 тонн и более зерна с гектара, а в опытах до 4–5 т/га.

Докучаевский комплекс в Каменной степи вновь подтвердил свою силу и верховенство. Те, кто более 100 лет назад и сейчас твердо придерживался положений учения В.В. Докучаева о почве, природной зональности, мерах борьбы с засухой, всегда были с хлебом, ослабляли и преодолевали натиск стихии.

За 120 лет на землях ранее сухой Каменной степи, на пустом, безлюдном месте В.В. Докучаевым и его последователями сформировался великолепный, устойчивый, высокопродуктивный, привлекательный для жизни людей природно-хозяйственный и научно-культурный комплекс (СОЦИУМ).

Сегодня в этом рукотворном чуде – комплексе со времени работы В.В. Докучаева и Особой экспедиции живут и трудятся 3200 человек (5–6 поколения) ученых, педагогов, работников культуры и сельского хозяйства, успешно работают крупный научно-исследовательский институт им. В.В. Докучаева, 2 средних школы на 400 учеников, 2 опытных хозяйства с земельной площадью

9.5 тыс. га и 800 голов разного скота, функционируют дворец культуры на 150 посадочных мест, музей, детский сад, 5 магазинов, амбулатория, бытовая и другие службы.

Принимая во внимание верное и эффективное 120-летнее служение Отечеству, аграрной науке и практике, Докучаевский Комплекс вполне заслуживает особого статуса – Государственного заповедника, как это давно сделано в Англии по Ротамстеду.

Современные крайне опасные глобальные и российские экономические и экологические (изменение климата, засухи, наводнения, морозы и другие катаклизмы) вызовы настоятельно требуют дальнейшей активной и конструктивной работы по реализации стратегических идей В.В. Докучаева в решении проблем использования и охраны почв, создания устойчивого высокопродуктивного земледелия и продовольственной безопасности страны.

УДК 631.4

ЛАНДШАФТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

В.И. Кирюшин

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,
mshapochv@mail.ru

Принятие биосферной парадигмы природопользования означает курс на экологизацию хозяйственной деятельности, то есть приведение ее в соответствие с экологическими законами на основе экологического императива. Новая идеология природопользования требует переосмысления многих представлений, сложившихся с чисто потребительских позиций. В частности, понятие «земля» должно рассматриваться как природно-территориальный комплекс, выполняющий экологические, хозяйственные, социально-экономические, ресурсные, рекреационные и другие функции. Почва – базовый компонент биосферы, характеризующийся экологическими и производственными функциями в определенных биоценозах и агроценозах. Плодородие почвы – совокупность почвенных условий, обуславливающих продуктивность и поддержание ее экологических функций. При этом особое значение имеет воспроизводство самой почвы как среды жизнеобеспечения. При оценке деградации почв, ранее понимавшейся как ухудшение их свойств и производительности, на первое место следует выносить оценку изменения их экологических функций. Таковы условия экологического императива.

Достижение гармонии между производительными и экологическими функциями ландшафта определяет сущность экологизации землепользования. Инструментом решения этой задачи в мировой практике становится ландшафтное планирование, под которым понимают разработку планов использования ландшафтов для удовлетворения общественных потребностей при условии сохранения или улучшения средовоспроизводящих и ресурсовоспроизводящих способностей ландшафта с целью устойчивого жизнеобеспечения.

Основные задачи ландшафтного планирования включают: сохранение основных функций ландшафта как системы поддержания жизни, выявление интересов природопользователей и анализ конфликтов, разработка мер по их устранению и достижению согласованных целей, содействие устойчивому развитию территории. По опыту Германии и других стран ландшафтное планирование включает: разработку ландшафтной программы развития территории (М 1:500000–1:1000000), составление рамочного ландшафтного плана (М 1:200000–1:1000000), составление крупномасштабного ландшафтного плана (М 1:25000 и крупнее), разработку и согласование нормативных документов по реализации ландшафтных планов и контроль за их выполнением.

В России имеется большой опыт территориального планирования, в особенности землеустроительного проектирования. Этот опыт не относится к ландшафтному проектированию, хотя к нему близки районная планировка и территориальные схемы охраны природы (ТерКСОПы).

С 1992 года в России развиваются ландшафтно-экологические подходы к земледелию и землеустройству, положено начало проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия (В.И. Кирюшин, 1995). Методология их формирования включает следующие задачи: сохранение и восстановление биоразнообразия; размещение сельскохозяйственных культур в соответствии с агро-экологическими условиями, оптимизация соотношения природных и различных сельскохозяйственных угодий, гармонизация животноводства и земледелия; создание оптимальной инфраструктуры агроландшафтов с учетом энерго-массопереноса; повышение экологической устойчивости

агроценозов; оптимизация биологического круговорота веществ в агроландшафтах, в особенности в системе ферма – поле – луг; повышение роли биологического азота за счет увеличения доли бобовых культур и стимулирования процессов азотфиксации; регулирование поверхностного стока, гидрогеологического и гидрологического режимов в пределах устойчивости агроландшафтов и сопредельных природных ландшафтов; поддержание поверхности почвы под покровом растений и растительных остатков, мульчирование; сокращение механических воздействий на почву, создание условий для биологического саморыхления; оптимизация структуры и функционирования агроценозов с учетом биоценологических связей; регулирование численности вредных организмов и полезных энтомофагов с использованием биологических средств и химических препаратов близких по своим свойствам к природным соединениям.

Для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) разработаны система агроэкологической оценки земель, их агроэкологическая оценка, типология и ландшафтно-экологическая классификация, методика почвенно-ландшафтного картографирования. Методы изысканий формируются в виде АгроГИС, представляющих набор карт-слоев с базами данных, которые отражают различные агроэкологические условия. Путем их взаимного наложения формируются карты агроэкологических групп и видов земель, на основе которых осуществляется проектирование АЛСЗ и агротехнологий.

Размещение сельскохозяйственных объектов на территории хозяйства (сельскохозяйственных угодий; полей севооборотов, сенокосо-пастбищеоборотов, производственных участков; лесных насаждений, мелиоративных систем, участков и сооружений; полевых дорог и других коммуникаций) проектируют таким образом, чтобы обеспечить регулирование поверхностного и грунтового стока; предотвращение водной и ветровой эрозии; переноса токсикантов и вредных организмов; улучшение фитосанитарной ситуации (участие птиц, полезных энтомофагов в регулировании численности вредителей) и условий опыления посевов, улучшение микроклимата. Решение этих задач связано с регулированием энерго-массопереноса, которое осуществляется на основе изучения ландшафтных связей. В общем виде иерархия этих связей отражается почвенно-ландшафтной картой хозяйства, агроэкологическими характеристиками каждого ЭАА, включая сведения о принадлежности к той или иной категории геохимического ландшафта (элювиальные, трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные, супераквальные, транссупераквальные) и о геохимических барьерах. Само название агроэкологических групп земель определяет положение их в ландшафте: плакорные (элювиальные), эрозионные (транзитные), переувлажненные, засоленные (аккумулятивные) и т.д. Агроэкологические типы земель отражают почвенно-ландшафтные связи внутри агроэкологической группы земель. На верхнем уровне ландшафтной иерархии устанавливается связь между агроэкологическими группами земель и местом их в геосистемах более высокого ранга в рамках природно-сельскохозяйственной провинции.

В эрозионных ландшафтах первоочередная задача оптимизации земледелия связывается с противоэрозионной организацией территории. Эта задача в той или иной мере касается всех групп земель, поскольку процессы эрозии развиваются уже при крутизне 1.5° , особенно на длинных склонах, что должно учитываться при установлении размеров и формы полей. С усложнением рельефа организация территории становится определяющим условием в формировании систем земледелия. Каждое поле должно быть вписано в природно-территориальный комплекс, идентифицированный в рамках водосборного бассейна. С этой целью для различных категорий ландшафтов применяются дифференцированные способы проектирования линейных рубежей.

В зависимости от предполагаемой интенсивности регулирования поверхностного стока (полного или частичного его задержания) и условий ландшафта используются следующие типы противоэрозионной организации территории: контурная (включая прямолинейную, прямолинейно-контурную, контурно-параллельную и собственно контурную), контурно-полосная, контурно-мелиоративная.

Помимо агротехнологических решений в проектах АЛЗ предусматривают специальные природоохранные мероприятия, в частности организацию особо охраняемых территорий и объектов: охранных и санитарных зон, заповедников, заказников, мест обитаний редких видов растений и животных. При этом особое значение как природоохранное так и агрономическое имеет создание микроразмерных объектов охраны (МРОО) птиц, шмелей, пчел, полезных энтомофагов. В процессе выделения конкретных МРОО необходимо стремиться к максимальной мозаичности, сопряжению контрастных открытых (степных, луговых) и закрытых (лесных) ландшафтов, между которы-

ми возникают краевые, опушечные экосистемы и экотонные эффекты. Чем выше мозаичность, контрастность, тем больше экологических ниш для охраняемых объектов.

Таким образом проектирование АЛСЗ в таком выражении означает по существу проектирование агроландшафтов.

На кафедре почвоведения Тимирязевской академии имеется опыт такого проектирования в основных природно-сельскохозяйственных зонах. Дальнейшее развитие этой работы связано с созданием системы ландшафтного проектирования в стране на различных территориальных уровнях подобно ранее существовавшей системе внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства, но с новым содержанием. В связи с этим рассматривается задача создания государственной земельной службы.

УДК 631:37

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

С.П. Кулижский, С.В. Лойко

Томский государственный университет, decan@bio.tsu.ru

Социально-экономические реалии современного общества предъявляют широкий перечень требований к знаниям, умениям, навыкам выпускников ВУЗов, претендующих на успешную реализацию своих амбиций и потребностей (материальных и/или духовных) относительно поствузовской социализации и трудоустройства (создания своего дела) и тех благ, которые оно приносит. При наличии на рынке труда спроса под выпускников какой-либо специальности, найти себе место могут молодые люди даже с откровенно «слабыми» знаниями, так как спрос формируется всегда не только на хороших организаторов, но и исполнителей отчетливо оговоренных нормативов. Если же выпускники каких-либо специальностей оказываются не востребованными, то они должны для достижения успеха показать себя поистине многогранными личностями, у них должно хватить талантов, применить полученные знания под инновационную среду постиндустриального городского общества, либо, при необходимости, суметь переучиться в совершенно иной сфере. Именно под второй случай подходят практически все специальности, преподаваемые на факультетах биологического цикла, например такие классические как зоология, ботаника, а также интересующее нас почвоведение. За исключением немногочисленных вакантных мест в учебных и научных организациях, где трудоустройство осуществляется по предварительному знакомству (в том числе и через научные форумы), отчетливый социальный заказ под перечисленные специальности отсутствует. Всё это приводит к тому, что без богатства личностных и профессиональных характеристик, большого числа освоенных практик, а также их продуманной репрезентации в обществе рассчитывать на получение достойного места под Солнцем выпускникам-почвоведцам не приходится. От молодого почвоведца, при его желании быть связанным так или иначе со своей специальностью требуется высочайшее напряжение креативных способностей, так как, по сути, он поставлен в условия, когда вынужден создавать сам себе «экологическую нишу». В государстве, у которого в структуре экспорта 80 % занимают доходы от продажи сырья, не может быть успешно реализуемых природоохранных и сельскохозяйственных программ, в которых могли бы найти достойное место все выпускники кафедр почвоведения. Лишь те молодые специалисты, которые самостоятельно докажут значимость и необходимость своих знаний, умений и навыков, причем в области напрямую не связанной с почвой, смогут рассчитывать на успех в России, а часть наиболее талантливых и устремленных связать свою жизнь с иными странами, и за рубежом.

Таким образом, молодые специалисты-почвоведы могут быть успешны в случаях, если: а) получают вторую специальность, что относится к большинству выпускников, крепких середняков, особенно женского пола; б) по редкому стечению обстоятельств смогут встроиться в образовательную или академическую систему, где почвоведение сохранилось в «классической» форме (это относится к тем, кому интересны наука и преподавание); в) займут в частных или государственных структурах вакансии, так или иначе связанные с Природой и природопользованием (чаще это природоохранные госструктуры, недропользователи и крайне редко сельскохозяйственные предприятия и агрохимическая служба); г) выпускники гениальны и могут работать в инновационной сфере, либо талантливы как организаторы, создающие своё дело, связанное так или иначе с Природой (крайне редкий случай).

Руководство и коллективы биологических подразделений ВУЗов крайне заинтересовано, чтобы как можно чаще воплощались четыре обозначенных сценария, а особенно последний, как наиболее отвечающий политике государства. В Биологическом институте Томского государственного института, а также на кафедре почвоведения и экологии почв, в соответствии с обозначенной выше ситуацией выстраивается весь процесс формирования специалистов, который можно разбить на два блока – учебной и просветительской подготовки. Первую условно можно определить как «способствующую увеличению числа красных дипломов с как можно более ёмким приложением (к диплому) списка фундаментальных и современных дисциплин», а ко второму блоку относится всё, что за «пределами учебного расписания».

Исходя из вышесказанного, становится ясно, что одной учебной подготовки уже совершенно недостаточно для успеха студента вне стен ВУЗа, а потому необходимо обеспечить достойную просветительскую подготовку молодого специалиста. В университете осознан и воплощается подход, согласно которому создаются условия, когда студент может выбрать несколько личностных и профессиональных «точек роста», в том числе это: 1) освоение иной, дополнительной специальности, когда к первому диплому студент получает и второй (в ТГУ это чаще всего информатика и иностранные языки); 2) развитие научных и педагогических компетенций (через научную и научно-педагогическую работу); 3) самосовершенствование через развитие лидерских и организаторских талантов. Опишем кратко специфику третьего направления в нашем институте.

В 2006 году группой инициативных студентов и при значительной поддержке руководства была создана некоммерческая экологическая организация «ЭЦ Стриж», с самого основания позиционирующая при Биологическом институте. Но в отличие от иных организаций, которые и ранее существовали в структуре ТГУ, в миссию «ЭЦ Стриж» заложена не только цель содействия улучшению экологической обстановке региона, но и способствование формированию организаторских и лидерских качеств институтской (и не только) молодежи. Работа этой организации создала уникальный прецедент, когда в рамках «природоохранной тематики» молодежь получает возможность не только выполнять те или иные научные проекты, но и в большом количестве воплощать их в жизнь, что требует умения найти источники финансирования и правильно выстроить процесс воплощения проекта в жизнь. Участие студентов в проектах организации в качестве организаторов и исполнителей способствовало формированию в институте прослойки активной молодежи, обладающей лидерскими и организаторскими качествами и служащей «ядром конденсации» для остальных, равняющихся на лидеров. По сути, эта «прослойка» формирует благоприятную ситуацию по дальнейшему своему трудоустройству после окончания ВУЗа. Плоды деятельности организации видны уже сейчас, первооснователи её устроились на руководящие должности в различных организациях как государственных, так и некоммерческих природоохранных, причем не только сибирского региона, но и центра.

Но наибольший эффект даёт даже не гарантированный успех поствузовской жизни активных участников этого проекта, а то, что студенты получают на практике незаменимый организаторский опыт, лучше понимают каким образом устроена бюрократическая система, что такое спонсорство и как можно воплотить в жизнь ту или иную идею, не имея «на старте» вообще никаких материальных ресурсов, какие существуют благотворительные фонды и как они работают, кого и что поддерживают. Большим плюсом является и формирование горизонтальных связей между студентами различных специальностей, что в дальнейшем может дать многомерную социальную сеть адекватно мыслящих и имеющих близкие жизненные ориентиры активных граждан, что так необходимо для модернизации сибирской части России.

Итак, именно описанная структура подготовки специалистов обеспечивает наиболее полноценное формирование личностей, которые могут решать самый широкий спектр встающих перед ними задач, формировать среду обитания и создавать «экологические ниши» для выпускников классических биологических специальностей, ведь если сами биологи/экологи не укажут обществу на существующие проблемы, то за них этого не сделает никто, так как никто более отчетливо не понимает всю значимость природоохранной и природопользовательской проблематики. В современных российских реалиях образовательный процесс, ориентирующийся на положительный результат никак не может замыкаться лишь на одной учебной компоненте, когда выпускники сталкиваются с порой непреодолимыми трудностями при поствузовской адаптации и вынуждены кардинально менять сферу деятельности, а полученные знания и потраченное время пропадают в напраслину.

Информациология – сравнительно новая отечественная наука – базируется на анализе и синтезе отношений между компонентами системы и с внешними системами окружающей среды с информационной точки зрения. Системный анализ является одним из компонентов составляющих информационный подход. Для отечественной и зарубежной методологии остро стоит вопрос создания новой теории классификации почв, формализованных и логически выдержанных правил построения почвенных классификаций различного целевого назначения, избегая при этом их многозначности.

Современное состояние исследований характеризуется продолжающимися дискуссиями по проблемам классификации почв. Тем не менее, остается бесспорным потребность в так называемой базовой классификации, наиболее общепризнанной, что наряду с логической основой является признаком её жизненности.

В настоящее время отсутствуют исследования по сравнительному сопоставлению имеющихся систем классификации почв разных авторов. И практически все эти системы не выдерживают критики с точки зрения логики, выбора оснований деления, строгих формальных определений объекта классификации, фиксированного пространства почвенных показателей и т.п. Таксоны могут дополнительно возникать с учетом нового показателя, т.е. нет завершенности самой структуры классификации, хотя все остается в рамках традиционной таксономии. Иными словами старые конструкции представляют собой скорее произвольные схемы, списки, но не классификации в строгом смысле.

Классификация является философской основой и языком любой науки. Существующие почвенные классификации слабо структурированы и логически слабо обоснованы. Зачастую используются несовместимые или пересекающиеся по содержанию основания деления; смешиваются *таксономические* и *мерономические* аспекты классификаций; их иерархическая структура не определена системными или информационными отношениями, не обладает свойствами *холархии*, остается лишь иллюстративной схемой, а не классификацией в строгом смысле. Важность проблемы подтверждается возникновением самостоятельной дисциплины *классиологии*, которая исследует теорию классификационных построений и имеет последователей в разных странах, объединяющихся в организованные или неформальные (как у нас) сообщества. К уже известным отечественным концепциям *двойственности* понятия классификации (*таксономия* и *мерономия*), теории *классификации перечисления* (Ю.А.Воронин), теоретико-множественных формализациях, методов построения систем информативных признаков, оценки качества и сравнения классификаций находят приложения идеи всеобщей организационной науки – *тектологии* (А.А.Богданов). *Информациология* (И.И.Юзвизин) послужит созданию теории, объединяющей достигнутое в разных дисциплинах, для создания единой теории классификации почв (*comprehensive soil classification*) и классификационной деятельности в целом.

Исходя из того, что почва неразрывна с природной средой и факторами почвообразования, образуя целостную открытую систему, организованную во времени и в пространстве (хроно- и хороорганизация по В.Н.Солнцеву, 1981) в первую очередь требуется совершенствование теории факторно-генетической классификации почв, при этом используя и субстативные показатели из других почвенных классификаций, включая новую Классификацию 2004 г.

Кроме теоретических положений новая концепция требует осуществления компьютерной реализации их в интерактивной системе классификации и диагностики на основе экспертных описаний центральных образов (архетипов) почв России.

Главной задачей стоит приложение идей и средств *информациологии* к построению теории классификации почв и логически, и формально обоснованных правил построения классификаций разного назначения, с тем, чтобы исключить претензии на название классификацией произвольных построений – схем, списков и прочих структур.

Унификация классификационной деятельности позволяет формулировать критерии качества и осуществлять сравнение классификаций разных авторов и школ, с тем, чтобы объективно достичь максимального согласия с единой базовой классификацией, как общего языка почвоведения.

Только таким путем можно будет реставрировать прошлые представления о почвах, свести легенды разных почвенных карт и листов ГПК. Речь идет о своего рода отечественной WRB, которую и следует привести к соответствию с мировой. «Корреляции» классификаций не обеспечивают достаточного соответствия таксонов и отдельных почв, и не дают единого представления о почвах.

Методы информатиологии включают методы и средства информатики и системного подхода, являющихся важнейшими составляющими этой науки. Информатиология не должна противопоставляться системному анализу. Следует отметить их общность в целостном подходе, т.е. анализе и синтезе целого из его частей. Информатиология охватывает сферу отношений компонентов любых систем (включая Вселенную) и их отношений с внешними системами, а системный анализ – оперирует со свойствами системных объектов. Можно провести аналогию между ними как соотношения между интравертами (информатиология) и экстравертами (системный анализ). Объединение методов информационного и системного подходов естественно расширяет возможности исследований любых объектов, явлений и процессов.

Приложение средств и методов теории измерений, теоретико-множественных отношений, достижений классиологии – главным образом теории классификации перечисления Ю.А.Воронина, которая стимулировала попытки унификации языка и методов почвоведения, его формализацию и создание информационной базы классификации почв, задающей все множество объектов в пространстве признаков, выбранных согласно целевой установки классификации.

Реализация подходов к решению поставленной задачи осуществляется средствами современных информационных технологий – экспертной системы таксономической классификации. Такой подход является еще достаточно новым для нашей науки.

Численная классификация (или собственно таксономия, хотя она применима и в мерономии) использует многомерные статистические методы и пересекающийся с ними по составу алгоритмов кластер-анализ. Они являются главным средством анализа данных и довольно новы для почвоведения (а точнее ещё слабо используются из-за трудоемкости расчетов и отсутствии доступных соответствующих компьютерных программ).

В типологии перспективны подходы выявления образа *лидера* как типа, *голотипа* (образа наиболее сходного со всеми другими в классе). В почвоведении такие подходы ранее не применялись.

Практическая реализация информатиологической теории классификации осуществляется в интерактивной экспертной системе МЕРОН, включающей информационную базу классификации, в которой представлены описания основных типов почв России (главным образом из Классификации и диагностики почв 1977 г.). Система способна распознавать почвы по условиям почвообразования, по наборам почвенных показателей и/или генетических горизонтов.

Информатиологический подход позволяет осуществлять формализованное определение диагностических показателей почв, оценку качества и сравнение классификаций разных авторов и научных школ.

УДК 631.4

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ И ТОЧНОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

Н.Б. Хитров, Д.С. Булгаков, И.И. Карманов, А.Н. Каштанов, Д.Е. Конюшков,
И.С. Михайлов, Е.И. Панкова, В.А. Рожков, Д.И. Рухович, М.С. Симакова
ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва
khitrov@agro.geonet.ru

Почвоведение как наука возникла в ответ на социально-экономический заказ о необходимости достоверной информации о состоянии, функционировании, географическом распространении почв, рациональных приемах их использования и воспроизводства плодородия. Для России учет качества, количества и географического распространения почвенных ресурсов имеет значение в связи с огромными размерами территории, в пределах которой имеется несколько природных зон и горных областей, включающих широкий спектр почв.

Существующие оценочные данные подсчета площадей почв России:

1. Подсчет 1927 г., выполненный Почвенным институтом и ГИОА под руководством Л.И. Прасолова на основе Карты почвенных областей европейской России (М 1:5 460 000, 1920 г.) и Почвенной карты азиатской части СССР (М 1:4 200 000, 1926 г.) (Розов, 1957).

2. Подсчет 1932 г., выполненный ЛОВИУА и Почвенным институтом под руководством Л.И. Прасолова на основе Почвенной карты европейской части СССР (М 1:2 520 000, 1930 г.) и Почвенной карты азиатской части СССР (М 1:4 200 000, 1926 г.) (Прасолов, 1933).

3. Подсчет 1938 г., выполненный Почвенным институтом под руководством Л.И. Прасолова на основе Почвенной карты СССР (М 1:15 000 000, 1937 г.) (Розов, 1957).

4. Подсчет 1946 г., выполненный Почвенным институтом под руководством Л.И. Прасолова, картографический источник не указан (Розов, 1957, 1962).

5. Подсчет 1959 г. для основных сельскохозяйственных регионов европейской части России подсчет площади почв, выполненный в Почвенном институте им. В.В. Докучаева под руководством Н.Н. Розова на основе листов Государственной почвенной карты (ГПК, М 1:1 000 000, 1947–1956 гг.) и Почвенных карт СССР (М 1:4 000 000, 1956 г.; М 1:10 000 000, 1959 г.) (Розов, 1962, 1963). Данные о площадях почв, выделенных на ГПК, содержатся в объяснительных записках к каждому листу.

6. Подсчет 1968 г., выполненный Почвенным институтом под руководством Н.Н. Розова, картографический источник не указан (Розов, 1968, 1971).

7. Подсчет 1974 г., выполненный Почвенным институтом и ГИЗР под руководством Н.Н. Розова на основе картографических источников разного масштаба (результаты крупномасштабного картографирования почв гипроземами и мелкомасштабные почвенные карты на мало обследованную территорию) (Розов, Сотников, Федорин, 1974).

8. Подсчет 1987 г., выполнен сотрудниками ГИПРОЗЕМа на основе Почвенной карты РСФСР (М 1:2 500 000, 1988 г.). Результаты опубликованы в обобщенном (Симакова и др., 1996) и развернутом видах (Почвенный покров ..., 2001).

9. На землях сельскохозяйственного использования учет почвенных ресурсов осуществляли гипроземы на основе крупномасштабных (1:10 000 или 1:25 000) почвенных карт хозяйств. Эти данные не опубликованы. Имеются лишь редкие публикации по отдельным областям.

Позитивные аспекты имеющихся оценок заключаются, прежде всего, в необходимости и возможности их использования для разных целей рационального использования земель. По мере накопления экспериментальных данных оценки площадей почв становятся более дифференцированными и менее неопределенными. Даже достаточно грубые, приблизительные оценки распределения площади разных почв способствуют более дифференцированному принятию прикладных решений. Поэтому повышение точности оценок становится необходимым условием обеспечения рационального использования почв и соответствующих земельных ресурсов.

Имеется несколько *негативных аспектов* существующих оценок площади почв и их приуроченности к земельным угодьям.

Во-первых, земельные угодья конкретной территории имеют тенденцию меняться быстрее, чем ее почвенный покров. В соответствии с этим любая оценка отражает с той или иной точностью состояние в конкретный период времени. По этой причине необходим периодический мониторинг использования земельных угодий, который напрямую связан с мониторингом состояния почвенного покрова.

Во-вторых, оценки имеют разную точность в соответствии с масштабом использованных почвенных карт. Крупномасштабное картографирование территории страны осуществлялось выборочно преимущественно для сельскохозяйственных земель. Поэтому остаются белые пятна даже для территорий, на большей части которых выполнено крупномасштабное обследование почв, на месте массивов гослесфонда, расположенных между хозяйствами, населенных пунктов, промышленных зон и т.п. Остальная часть почвенного покрова страны, особенно территории, расположенные на севере и в азиатской части, еще недостаточно обследованы.

В-третьих, большинство мелко-, средне- и крупномасштабных карт составлены на искаженной топографической основе, что вносит систематические погрешности в подсчет площадей почв.

В-четвертых, большинство почвенных карт (даже многие крупномасштабные карты) отражают распространение *преобладающей* почвы в контуре. Остальные компоненты почвенного покрова обычно не указаны. Исключение составляют контуры почвенных комплексов (чаще солон-

цовых). В этом отношении следует особо выделить Почвенную карту РСФСР (1988 г.) под редакцией В.М. Фридланда, легенда которой включает не только преобладающую, но и сопутствующие почвы, а также достаточно широкий набор почвенных комбинаций. Тем не менее, общая тенденция генерализации информации о почвах на карте приводит к систематическим погрешностям оценок площади распространения всех почв. Площади преобладающих почв завышаются, а площади остальных компонентов почвенного покрова оказываются либо заниженными, либо их совсем не указывают.

Для устранения целого ряда указанных недостатков целесообразно создание *цифровых геореференсированных почвенных карт*. В последние годы Почвенный институт им. В.В. Докучаева планомерно производит перевод листов Государственной Почвенной карты (ГПК) (М 1:1 млн.) в цифровой вид. Для этого создана технология поточного перевода листов ГПК в электронный вид с коррекцией картографических искажений бумажных вариантов по материалам дистанционного зондирования, цифровых моделей рельефа и др. Завершается научное редактирование серии листов ГПК на малоисследованные районы. Продолжается подготовка пояснительных записок на неизданные листы ГПК. Перед оцифровкой производится сводка границ соседних листов и унификация легенды. Поскольку каждый лист ГПК создавался разными коллективами авторов, часто они отличаются (1) разными подходами отображения генезиса почвообразующих пород; (2) указанием гранулометрического состава либо поверхностных горизонтов почв, либо гор. С (почвообразующей породы); (3) разными вариантами названия одинаковых почв. Выполняется унификация информации в тех случаях, когда это возможно, и последовательное дополнение ее недостающими сведениями. Электронные технологии позволяют автоматизировать подсчет площадей почв по цифровым геореференсированным почвенным картам, обеспечив его воспроизводимость.

Важным направлением, позволяющим детализировать информацию о почвенных ресурсах, является создание отдельных тематических слоев электронных карт, которые могут быть легко объединены в единую ГИС. В качестве примеров можно привести электронные карты засоленных и солонцовых почв (М 1:2.5 млн.) и карты эрозии почв (М 1:2.5 млн.). В частности, карта засоленных почв включает пространственно дифференцированную информацию о глубине, степени, химизме засоления почв и доли участка солонцовых почв по 12 показателям.

Для оценки актуального состояния почвенных ресурсов целесообразно иметь периодически обновляемый векторный слой, отражающий характер использования земель. Совмещение этого слоя с требуемой тематической информацией позволяет производить подсчет и планирование площадей почвенно-земельных ресурсов в соответствии с возникающими практическими задачами.

Созданная и развиваемая в Почвенном институте им. В.В. Докучаева ГИС «Почвы России» является уникальным инструментом анализа состояния почвенных ресурсов страны. Она позволяет осуществлять накопление, детализацию и корректировку пространственно распределенной информации о почвенном покрове, включая наземные данные, материалы дистанционного зондирования, цифровые модели рельефа и т.д.

Почвы являются важным компонентом земель. Они отражают природную составляющую качества земельных ресурсов, знание которого необходимо при решении задач сельского, лесного хозяйства, охраны окружающей среды, создания зон рекреации и др.

Вопросы эффективного использования земель пахотных угодий становятся особенно актуальными в современных экономических условиях. При разработке проектов оптимальной организации землепользования на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима комплексная оценка почвенно-агроклиматического потенциала земель пахотных угодий, увязанная с биологическим потенциалом сельскохозяйственных культур. Алгоритм расчетов такой агроэкологической оценки территории, разработанный в Почвенном институте им. В.В. Докучаева, основан на использовании модифицированного почвенно-экологического индекса, характеризующего ценность почв, почвенного покрова (земель) и учитывающего требования сельскохозяйственных культур. Для его реализации создан ГИС – проект агроэкологической оценки территории для агроэкологического районирования России и оптимизации размещения ведущих сельскохозяйственных культур. Он включает векторный слой административных районов России и атрибутивную базу данных к нему, содержащую районную информацию о: (а) параметрах агроэкологической оценки земель, (б) основном наборе ведущих сельскохозяйственных культур, (в) их размещении с учетом конкретных местных природных особенностей зоны, (г) наборе второстепенных сельскохозяйст-

венных культур, которые могут возделываться в ареале с учетом местных природных особенностей. ГИС-проект позволяет оперативно использовать имеющуюся информацию для решения прикладных задач планирования размещения культур, в том числе новых сортов, для которых известны параметры их агроэкологических требований.

ВЫВОДЫ

1. Существующие оценки почвенных ресурсов основаны, главным образом, на мелкомасштабных, реже среднемасштабных и еще реже крупномасштабных почвенных картах. Соответственно, точность оценок определяется картографическим масштабом используемых материалов.

2. Оценка распределения почв по земельным угодьям для территории страны в целом выполнялась только на основе совмещения мелкомасштабных почвенных карт и карт использования земель. Но для конкретного землепользования реальное распределение почв по земельным угодьям оценивали на основе крупномасштабной почвенной карты, составленной на картографической базе плана землеустройства того же масштаба.

3. На современном технологическом уровне подсчет площадей почв целесообразно осуществлять на основе цифровых геореференсированных почвенных карт, которые могут быть совмещены с любыми иными тематическими картами для получения информации, дифференцированной в соответствии с требуемой практической задачей.

4. В ближайшее время уточнение оценок состояния почвенных ресурсов страны в целом возможно на основе серии карт масштаба 1:2.5 млн., созданных в Почвенном институте им. В.В. Докучаева, и/или на электронной версии ГПК. Вся информация объединяется в созданную и развиваемую ГИС «Почвы России».

Секция 1
Агроэкологический потенциал
почв России и продовольственная
безопасность

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭТАЛОНОВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ

А.Б. Александрова¹, Г.Ф. Копосов², А.А. Валева²¹ГБУ Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, adabl@mail.ru²ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», gkoposov@yandex.ru

Почва является как объектом сельскохозяйственного производства, так и природным объектом, от состояния которого сильно зависит окружающая среда и качество продуктов питания. В настоящее время отмечается значительная трансформация почвенного покрова во многих регионах РФ (Керженцев, 2009). Эта проблема актуальна и для Республики Татарстан (РТ), которая является одной из самых аграрно освоенных республик Среднего Поволжья. В связи с этим, необходимы мониторинговые исследования за состоянием пахотных почв, в частности, инвентаризация почв, создание объективных образцов главных типов почв, выбор контрольных объектов, репрезентативно их представляющих.

Структуру сельскохозяйственного земельного фонда РТ представляют: черноземы (около 40 %), серые лесные (32.4 %), лугово-черноземные (2.5 %), дерново-карбонатные (3.1 %) и др. Впервые, на базе всех имеющихся в настоящее время фактических данных, особенности строения, состава и свойств черноземов были описаны Г.Ф. Копосовым в книге «Черноземы РТ» (2004).

Таблица. Статистические параметры свойств пахотного горизонта серых лесных почв.

Параметры	Нижняя граница, см	Гумус, %	ЕКО, м-экв/100 г		V, %	pH _{KCl}	Подвижные формы, мг/100 г		Содержание частиц (мм), %	
			S	Hг			P ₂ O ₅	K ₂ O	< 0.001	< 0.01
Светло-серые лесные почвы										
\bar{X}	24.8	3.0	20.1	2.9	87.0	5.4	11.6	10.9	17.2	42.5
m	0.3	0.1	0.6	0.2	0.7	0.1	0.7	6.2	0.5	0.8
min	17.0	1.6	11.2	0.2	69.0	4.3	1.3	3.2	5.2	17.0
max	32.0	4.2	29.7	7.2	99.0	6.9	25.0	58.6	28.4	67.9
σ	3.0	1.3	3.8	1.5	6.5	0.6	6.9	7.0	5.2	7.9
CV, %	12.1	43.0	18.9	51.7	7.5	10.5	59.6	63.7	30.5	18.7
n	100	100	41	99	97	100	95	90	100	100
Серые лесные почвы										
\bar{X}	25.7	4.0	28.6	2.9	90.6	5.6	12.6	12.7	19.9	45.8
m	0.4	0.1	1.1	0.2	0.6	0.1	0.9	0.7	0.7	0.8
min	19.0	2.7	15.3	0.4	78.0	4.1	1.8	2.9	7.6	12.9
max	35.0	6.3	41.7	7.6	99.0	6.6	25.0	28.1	35.1	64.3
σ	3.1	0.7	5.3	1.4	4.9	0.5	7.4	5.9	5.7	6.9
CV, %	11.9	16.8	18.7	47.9	5.4	9.1	58.5	46.3	28.8	15.2
n	74	74	26	71	67	73	73	65	74	74
Темно-серые лесные почвы										
\bar{X}	26	5.0	31.6	3.9	89.0	5.5	21.9	14.0	22.1	47.1
m	1	0.1	0.9	0.2	0.6	0.1	7.8	1.4	0.7	0.8
min	18	2.4	21.8	0.4	75.4	4.6	16.3	1.8	1.8	20.2
max	42	6.5	44.1	8.5	99.0	7.1	27.4	81	35.6	63.1
σ	4	0.8	5.7	1.9	5.2	0.6	7.8	11.5	6.5	7.4
CV, %	16	16.6	17.9	50.3	5.9	1.1	35.9	82.2	29.3	15.8
n	36	81	38	76	69	83	2	72	82	80

Примечания: S – сумма обменных оснований ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$), \bar{X} – вариационное среднее, m – ошибка вариационного среднего, σ – стандартное отклонение, CV, % – вариабельность, n – количество образцов (повторность).

На основании предложенных подходов и фондовых данных республиканского кадастрового центра «Земля», в настоящее время разрабатывается формализованная характеристика основных таксонов серых лесных почв земель сельскохозяйственного назначения, показывающих объективные природные возможности данного типа почв, позволяющие получить экономически целесообразный урожай культур.

В настоящее время создан компьютерный банк данных по каждому подтипу серых лесных почв. Выборка из семисот почвенных разрезов анализировалась на предмет изъятия из нее выпадающих представителей, с последующим анализом причин этого явления применительно к каждому такому представителю. На первом этапе исследований проводится предварительная статистическая характеристика современного состояния пахотных горизонтов серых лесных почв: мощности горизонта, содержания гумуса, величины емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями (V, %), потенциальной кислотности, подвижных форм минеральных элементов питания растений (в частности фосфора и калия), содержания илистой фракции и фракции физической глины (табл.).

В дальнейшем, используя статистические методы, предполагается разработать более полную характеристику свойств основных таксонов серых лесных почв. Из полученной совокупности данных будет создаваться подвыборка для обоснования границ подтипа. После окончательной «очистки» статистическими методами от случайных ошибок, данная подвыборка будет служить основой для окончательного обособления центрального подтипа и для выработки подтиповых граничных значений морфологических, химических, физических и физико-химических свойств почв.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПОЧВ С ЭЛЮВИАЛЬНЫМ ГОРИЗОНТОМ

Б.Ф. Апарин¹, Г.А. Касаткина¹, Е.Ю. Сухачева²

Санкт-Петербургский государственный университет,

ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Выявлены особенности морфологического строения почв с элювиальным горизонтом почв различного генезиса. Анализ мощности, цвета, структуры и других морфологических характеристик элювиальных горизонтов проводился на почвах из коллекции ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии.

По базе данных почвенных монолитов коллекции Музея была отобрана серия монолитов из 31 почвы. Абсолютное большинство выбранных объектов исследования – почвы Ленинградской области. Общими для всех исследованных почв морфологическими свойствами является залегающий под лесной подстилкой или гумусовым горизонтом осветленный элювиальный горизонт, подстилаемый текстурным, метаморфическим горизонтом или породой, в большинстве случаев представленной ленточными глинами и в одной почве – крупнозернистым песком.

Для описания почвенных монолитов были разработаны 5-и балльные шкалы для выявления однородности цвета, выраженности структуры, прочности новообразований.

Средняя мощность элювиального горизонта 24 см. В дерново-элювиально-метаморфических почвах средняя мощность 18 см, в дерново-подзолистых – 26 см, в дерново-элювоземах – 27 см, в глееватых и глеевых разновидностях – 32 см. Таким образом, наибольшая мощность элювиального горизонта наблюдается в гидроморфных разновидностях почв.

В 65 % исследованных почв элювиальный горизонт обладает наиболее высокой степенью однородности в почвенном профиле. В большинстве случаев элювиальный горизонт подразделяется на два подгоризонта, реже выделяется один подгоризонт или 3–4.

Средняя однородность верхней части элювиального горизонта 4.44 балла из возможных 5, нижней части – 4.28. Понижение балла в нижней части элювиального горизонта обусловлено наличием в некоторых почвах значительного количества довольно крупных конкреций.

Самыми неоднородными по цвету являются горизонты BE1 – средний балл 3.28 и AYEl и Elh – 3.22 соответственно.

По шкале однородности окраски 95 % исследованных элювиальных горизонтов относятся к очень однородным и однородным (5–4 баллов), 5 % к средне однородным (3 балла) по окраске. То есть, все элювиальные горизонты характеризуются хорошей однородностью окраски.

В классификации почв России (2004) элювиальный горизонт (EL) описывается как « наиболее светлый в профиле, часто с сероватым, палевым или буроватым оттенком». Нами проводилось визуальное измерение цвета сухих почвенных горизонтов по общепринятой системе почвенных цветов в атласе Мансела. Горизонты анализировались по цветовому тону, светлоте и насыщенности.

В большинстве случаев оттенок обусловлен цветовым тоном почвообразующей породы. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах разброс цветовых тонов сокращается.

Исследование светлоты горизонтов показало, что 73 % исследованных элювиальных горизонтов являются на 1–3 градации светлее нижележащих горизонтов (BT, BM) и 41 % светлее и почвообразующей породы. Светлота в элювиальном горизонте колеблется в ограниченных пределах 6–7 по шкале Мансела (88 % от всех исследованных горизонтов).

Выявлено, что элювиальные горизонты являются самыми светлыми в почвенном профиле подзолистых и дерново-подзолистых почв (88 %), причем эти горизонты светлее нижележащих (BT) на 2–3 градации по шкале Мансела и породы на 1–2 градации.

В остальных исследованных почвах (элювоземы, дерново-элювиально-метаморфические и их глеевые и глееватые варианты) только в 62 % случаев элювиальный горизонт светлее на 1–2 единицы нижележащего горизонта, в 30 % он по светлоте от нижележащих горизонтов не отличается, что также связано в ряде случаев с прокрашиванием этих горизонтов органическим веществом, или с наличием железистых конкреций. В 8 % случаев элювиальные горизонты на 1–2 градации темнее нижележащих горизонтов. Такие варианты наблюдались лишь в почвах, где интенсивно развит глеевый процесс, или в верхней части профиля развивается перегнойный горизонт, что приводит к образованию потечного гумуса и железистых конкреций.

Таким образом, самыми светлыми в профиле являются элювиальные горизонты в почвах, где основными процессами почвообразования являются подзолистый и лессиваж – подзолистые и дерново-подзолистые почвы; там, где в профиле, активно развиваются процессы метаморфизации, оглеения, накопления перегноя, сегрегации железа – элювиальные горизонты в большинстве случаев также являются наиболее светлыми по сравнению с нижележащими горизонтами, но это осветление выражено не так ярко и часто оно затушевывается наличием подвижного гумуса и образованием конкреций.

Исследование насыщенности цвета 68 элювиальных горизонтов показало, что в 70 % исследованных горизонтов цвет на 1–2 градации менее насыщен, чем в нижележащих горизонтах (BT, BM), 27 % имеет с ними одинаковую насыщенность, в 3 % случаев насыщенность цвета выше. В 55 % элювиальные горизонты имеют менее насыщенный цвет, чем в почвообразующей породе, в 40 %, насыщенность одинаковая и в 5 % элювиальных горизонтов цвет более насыщен. Насыщенность цвета попадает в градации от 1–3 (в 96 % случаев) по шкале Мансела, что свидетельствует о слабой насыщенности цвета этих горизонтов.

В дерново-подзолистых и подзолистых почвах элювиальные горизонты в 84 % случаев имеют менее (на 1–3 градации) насыщенный цвет по сравнению с горизонтом BT, а в 80 % и менее насыщенный (на 1–2 градации), чем в породе. В остальных случаях насыщенность цвета равна насыщенности нижележащих горизонтов и породы. Элювиальных горизонтов с более насыщенным цветом в этих почвах нет.

В остальных почвах, где интенсивно развит процесс метаморфизации и оглеения картина несколько иная:

– 63 % элювиальных горизонтов имеют насыщенность цвета меньше чем в горизонте BM, в 32 % насыщенности равны и в 5 % насыщенность элювиальных горизонтов выше;

– 41 % элювиальных горизонтов имеют насыщенность цвета меньше чем в горизонте C, в 46 % насыщенности равны и в 13 % насыщенность элювиальных горизонтов выше.

Таким образом, цвет элювиальных горизонтов является самым не насыщенным в профиле. К наиболее не насыщенным по цвету относятся элювиальные горизонты подзолистых и дерново-подзолистых почв. Увеличение насыщенности цвета элювиальных горизонтов также связано с иллювиированием гумуса в них из верхних органогенных горизонтов и с увеличением количества новообразований железа в результате периодической смены окислительно-восстановительных условий.

Изучение *количества конкреций*, распространенных на 1 см² поверхности, *их размера и прочности*, выявило следующие показатели.

90 % описанных почв имеют максимальное количество конкреций в элювиальной толще. Максимальный размер конкреции имеют в элювиальном горизонте в 98 % почв. Средний размер конкреций элювиального горизонта больше чем нижележащего на 2.2 мм. Во всех почвах прочность конкреций с глубиной уменьшается.

Если рассматривать только элювиальные горизонты, то в 47 % случаев конкреции единичны или визуально не определяются в почвах, где процесс оглеения не развит, либо развит очень слабо – в подзолистых и дерново-подзолистых, а также в верхней части элювиальных горизонтов элювиально-метаморфических почв, в 34 % случаев количество конкреций от 1–5; в 19 % – больше 5 конкреций на 1 см². В автоморфных почвах, наблюдается приуроченность конкреций к верхней части элювиального горизонта, в глеевых и глееватых – к нижней.

Очень прочные конкреции приурочены к глеевым, глееватым и перегнойным вариантам почв.

В целом в элювиальных горизонтах размер конкреций колеблется от <1 мм до 7 мм: 68 % – < 1 мм и 32 % – размер от 1 до 7 мм. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах преобладают конкреции размером < 1 мм (88 %) и от 1–5 мм (12 %). В метаморфических и других – < 1 мм (49 %), 1–7 мм (51 %)

Таким образом, в большинстве элювиальных горизонтов, наблюдаются визуально-определяемые железистые конкреции. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах их содержание и размеры незначительны и все они относятся к группе мягких конкреций. В остальных почвах возрастают содержание и размеры конкреций, а в глеевых, глееватых и перегнойных вариантах встречаются очень прочные конкреции.

В 74 % случаев структура элювиального горизонта определяется как чешуйчатая, плитчатая или листоватая, что полностью совпадает с характеристикой этого горизонта по «Классификации и диагностике почв России» (2004).

Анализ морфологического строения почв с элювиальным горизонтом из коллекции Центрального музея почвоведения с использованием разработанных для этих целей шкал однородности цвета, плотности конкреций и выраженности структуры показал что:

- Средняя мощность элювиального горизонта исследованных почв 24 см.
- Элювиальный горизонт является наиболее однородным в профиле. По шкале однородности окраски 95 % исследованных горизонтов относятся к очень однородным и однородным
- Преобладающими оттенками элювиального горизонта по шкале Мансела являются – серый, буроватый, желтоватый, красноватый. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах разброс цветовых тонов сокращается.
- Элювиальные горизонты являются самыми светлыми в профиле. В почвах, в которых активно идут процессы метаморфизации, оглеения, накопления перегноя и сегрегации железа освещение выражено не так ярко и часто оно затушевывается наличием подвижного гумуса и образованием конкреций.
- Цвет элювиальных горизонтов является самым не насыщенным в профиле. К наиболее не насыщенным по цвету относятся элювиальные горизонты подзолистых и дерново-подзолистых почв. Увеличение насыщенности цвета связано с иллювиированием гумуса в элювиальные горизонты и с увеличением количества новообразований железа в результате периодической смены окислительно-восстановительных условий.
- В большинстве элювиальных горизонтов, наблюдаются визуально-определяемые железистые конкреции. Более 90 % описанных почв имеют максимальное количество и размер конкреций в элювиальной толще. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах содержание и размеры конкреций незначительны и все они относятся к группе мягких конкреций. В остальных почвах их содержание и размеры возрастают, а в глеевых, глееватых и перегнойных вариантах встречаются очень прочные конкреции. Средний размер конкреций элювиального горизонта больше чем ниже лежащего на 2.2 мм. Во всех почвах прочность конкреций с глубиной уменьшается.
- Даже в условиях затруднительного исследования структуры элювиального горизонта на почвенных монолитах, она в большинстве почв определяется как чешуйчатая, плитчатая или листоватая.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №10-04-00630-а.

Санкт-Петербург – один из крупнейших городов России. Его территория достигает 1400 кв.км и включает в себя земли жилой и промышленной застройки, земли сельскохозяйственного и рекреационного назначения, а также природные территории. В последние пять лет доля земель сельскохозяйственного использования в Санкт-Петербурге составляет 20–21 % (около 29 тыс. га). Собственно сельскохозяйственные угодья занимают 25 тыс. га, в т.ч. пашня – 18.9 тыс.га (75 % от площади сельхозугодий). Пахотные почвы пригородной зоны используются для возделывания овощей и кормовых культур.

В «Классификации и диагностике почв России» [1] в зависимости от степени агрогенной трансформации выделяются агропочвы, агроземы и агростратоземы. Агропочвы от природных аналогов отличает присутствие гомогенного агрогумусового (пахотного) горизонта Р. Агроземы утрачивают типодиагностические горизонты верхней части профиля – подзолистый (E) или элювиальный (EL) – и характеризуются наличием гомогенного агрогоризонта, залегающего непосредственно на срединных горизонтах В или на почвообразующей породе. Агростратоземы отличаются мощной, свыше 40 см, стратифицированной гумусированной толщей, в верхней части которой располагается пахотный горизонт. В пределах зоны пригородного земледелия Санкт-Петербурга широко распространены различные типы агропочв, местами заметную роль в почвенном покрове играют и агроземы, в отдельных случаях встречаются агростратоземы. Основным источником разнообразия агрогенно-трансформированных почв служит генетическое разнообразие исходных почв, обусловленное, неоднородностью литолого-геоморфологических условий в пределах изучаемой территории.

Большая часть сельскохозяйственных угодий пригородной зоны приурочена к Приневской низменности – низменной террасированной равнине с высотными отметками до 30–35 м. Почвообразующие породы низменности довольно разнообразны и представлены озерно-ледниковыми (ленточными) глинами и суглинками, моренными суглинками (в основном бескарбонатными), озерно-ледниковыми песками и супесями, флювиогляциальными песками и супесями, а также двучленами с супесчаным верхним и суглинистым нижним слоем. В целом в северной части Приневской низменности доминируют отложения легкого гранулометрического состава, а на остальной территории – суглинистые и глинистые. Гидрографическая сеть развита слабо, и широкое распространение тяжелых по гранулометрическому составу пород способствует развитию процессов заболачивания. Агропочвы представлены агродерново-подзолистыми на моренных суглинках, агродерново-подзолами иллювиально-железистыми на озерно-ледниковых и флювиогляциальных песках и агродерново-элювиально-метаморфическими почвами на ленточных глинах. Благодаря агромелиоративным мероприятиям доля избыточно увлажненных почв на пашне меньше, чем в естественных угодьях, однако преобладающими остаются почвы глееватых подтипов.

В северной и восточной части пригородной зоны распространены камовые ландшафты. Почвенный покров сельскохозяйственных угодий здесь слагают агроземы альфегумусовые, агродерново-подзолы иллювиально-железистые, в том числе глееватые, сформированные на тонкозернистых песчаных и супесчаных отложениях.

В юго-западной части пригородной зоны располагается Ижорская возвышенность, где почвы формируются преимущественно на моренных суглинках, обогащенных продуктами выветривания известняков, при близком к дневной поверхности залегании этих коренных пород. Сельскохозяйственные почвы Ижорской возвышенности представлены агроземами, агротемногумусовыми остаточо-карбонатными и агросерогумусовыми глинисто-иллювирированными почвами на карбонатных моренных суглинках, в отдельных случаях – агродерново-подзолистыми почвами на бескарбонатных моренных суглинках и агроземами альфегумусовыми на водно-ледниковых песках.

Для агропочв в целом характерна конвергенция свойств верхнего гумусоаккумулятивного (пахотного) горизонта у исходно генетически различных почв. В связи с этим содержание гумуса в пахотных горизонтах определяется в основном уровнем агротехники. Пахотные почвы пригородной зоны, благодаря интенсивным технологиям земледелия, как правило, имеют высокое содержание органического вещества. Исходя из средневзвешенных величин содержания гумуса, получен-

ных во время седьмого цикла агрохимического обследования Ленинградской области (1995 г.), можно оценить среднее содержание гумуса в пахотных почвах пригородной зоны величиной 5 %, в пересчете на содержание органического углерода – 3 %.

Аналогично содержанию гумуса, рН пахотных почв – величина, определяемая во многом комплексом агротехнических мероприятий, включая известкование. Средневзвешенная величина рН солевой вытяжки пахотных горизонтов почв пригородной зоны составляет 6.0.

Важной характеристикой почв является содержание фракции ила в пахотном горизонте. Данная величина, в отличие от рассмотренных выше параметров, является тесно связанной с генетическими особенностями почвы, прежде всего с гранулометрическим составом породы. Можно выделить следующие основные градации:

1. песчаные и супесчаные почвы, сформированные на песках и супесях водно-ледникового генезиса или двучленных отложениях с песчаным (супесчаным) составом кроющего наноса – содержание ила в пахотном горизонте составляет 2–5 % в песчаных почвах и 5–7 % в супесчаных;

2. суглинистые почвы, сформированные на моренных суглинках, – легкосуглинистые и среднесуглинистые – 5–10 %, тяжелосуглинистые – 10 % в среднем;

3. содержание ила в пахотных горизонтах почв на ленточных глинах Приневской низменности в среднем составляет 12 % [2].

Содержание ила в верхних горизонтах почв на песчаных отложениях увеличивается за счет процессов внутрипочвенного выветривания, а в почвах на суглинистых породах – уменьшается за счет элювиирования [2]. Усилению элювиального процесса способствуют механические обработки пахотных почв и застойно-промывной режим, характерный для почв на тяжелых породах.

Генетическое разнообразие почв сельскохозяйственных угодий определяет различия в экологической и функциональной устойчивости. Так, наиболее высоким естественным плодородием обладают почвы Ижорской возвышенности, развивающиеся в условиях хорошего дренажа при близком залегании карбонатных пород. Состояние пахотных почв Приневской низменности вследствие устойчивого тренда к заболачиванию в наибольшей мере зависит от качества функционирования мелиоративных систем. Общей экологической проблемой пригородного земледелия является загрязнение почв, обусловленное воздушным переносом загрязняющих веществ со стороны города и непосредственным влиянием пересекающих пахотные массивы крупных автомагистралей. Наши исследования [3, 4] показали, что тесное соседство промышленных зон и автомагистралей с овощеводческими полями ведет к накоплению тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственной продукции. Приоритетными загрязнителями являются цинк, свинец и медь. Уровень загрязнения цинком достигает критических величин. При этом главным фактором, обуславливающим различия в содержании тяжелых металлов в пахотном горизонте, для почв пригородной зоны является расположение обследуемых участков по отношению к источникам загрязнения, а не генезис почв и пород. Загрязнение почв пригородной зоны находит отражение в аккумуляции тяжелых металлов и мышьяка в продукции растениеводства. За последние годы уровень экологической безопасности этой продукции значительно снизился.

Таким образом, классификационная принадлежность, строение профиля и свойства почв сельскохозяйственных угодий различаются в разных частях пригородной зоны Санкт-Петербурга. По нашему мнению, разнообразие почв в разных частях исследуемой территории требует дифференцированного подхода к планированию землепользования, оценке и охране земельных и почвенных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск, 2004.
2. Гагарина Э.И., Матинян Н.Н., Счастливая Л.С., Касаткина Г.А. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб., 1995.
3. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Почвенный покров Приневской низменности и его экологическая оценка//Вестник СПб. Ун-та. Сер.3. Вып. 4. СПб., 1997. С.90–103.
4. Матинян Н.Н., Бахматова К.А. Экологическая оценка почв «петербургского города»//Вестник СПб. Ун-та. Сер.3. Вып. 3. СПб., 2004. С.96–105.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ ЗОНЫ РИСОВОДСТВА
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Т.Ф. Бочко, В.В. Караченцев

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар,
bochko_tatiana@mail.ru

Краснодарский край является главным рисопроизводящим регионом Российской Федерации. Рисовые оросительные системы расположены в низовьях бассейна реки Кубани, включая ее пойму и дельту, а также Закубанские и Приазовские плавни, и занимают 234 тыс.га.

По климатическим характеристикам регион является умеренно влажным; за год выпадает 600–700 мм осадков. Температурный и световой режим благоприятствует выращиванию риса. По теплообеспеченности данный район является умеренно жарким с суммой температур выше 10 °С — 3400–3800° и выше 15 °С — 2900–3000°. Продолжительность солнечного сияния составляет 2200–2400 часов в год, причем более половины (1480 часов) приходится на период активного развития растений (с мая по октябрь). Отрицательно на развитии риса могут сказаться суховеи, которые наиболее часто отмечаются в конце июля – начале августа – период цветения и налива зерна у риса.

Почвенный покров региона отличается большим разнообразием, представлен рисовыми лугово-черноземными, аллювиальными луговыми, лугово-болотными почвами; в целом выделяется 87 почвенных разностей. В качестве лимитирующих факторов при выращивании риса выступают засоление, осолонцевание, переуплотнение.

С целью разработки основ повышения эффективности использования земель рисовых оросительных систем (РОС) был выполнен эколого-ландшафтный анализ зоны рисоводства Краснодарского края, проведена агроэкологическая оценка и типизация земель для культур рисовых севооборотов. В качестве сопутствующих культур в них наиболее часто используют озимую пшеницу, люцерну, сою, горох, кукурузу, подсолнечник.

Наиболее благоприятные агроэкологические условия для роста и развития риса и названных сопутствующих культур сложились во внедельтовом агроландшафтном районе. Здесь все земли РОС отнесены к I категории (табл. 1). Почвенный покров представлен лугово-черноземными сверхмощными и мощными легкоглинистыми почвами на деградированных лессовидных глинах.

В отношении люцерны все земельные ресурсы стародельтового агроландшафтного района относятся к I категории. Очень высоким агроэкологическим качеством (≥ 90 баллов) отличаются лугово-черноземные сверхмощные, мощные и среднемощные легкоглинистые и тяжелосуглинистые почвы на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках; луговые мощные и среднемощные легкоглинистые и тяжелосуглинистыми почвами на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках. В высокой степени требованиям этой культуры отвечают (80–89 баллов) луговые среднемощные среднесуглинистые, в т.ч. слабосолончаковатые и слабосолончаковые, аллювиальные луговые среднемощные суглинистые на аллювии пестрой, преимущественно легкой гранулометрии, аллювиальные лугово-болотные, в т.ч. слабосолончаковатые и слабосолончаковые глинистые-тяжелосуглинистые почвы на огненных аллювиальных глинах и тяжелых суглинках.

Более 85 % земель в стародельтовом агроландшафтном районе имеют статус I категории по отношению к произрастанию озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника, гороха, сои, и более 74 % — по отношению к рису. Земли данной категории представлены лугово-черноземными сверхмощными, мощными и среднемощными легкоглинистыми и тяжелосуглинистыми почвами на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках; луговыми мощными и среднемощными легкоглинистыми и тяжелосуглинистыми почвами на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках незасоленными.

Земли II категории для изучаемых культур объединяют аллювиальные луговые среднемощные суглинистые почвы на аллювиальных суглинисто-супесчаных отложениях. III категория земель на территории стародельтового агроландшафтного района проявляются спорадически и занимают незначительную площадь. Ее представляют преимущественно аллювиальные лугово-болотные почвы на огненных озерно-лиманных глинах. В переходной дельтовом агроландшафтном районе условия возделывания риса, озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника, гороха и сои ранжированы в три категории.

Таблица 1. Распределение земель в рисовых агроландшафтах низовий р. Кубани по агроэкологическим категориям для риса и промежуточных культур рисовых севооборотов, % от площади агроландшафтного района.

Культуры	Категории земель (баллы)				
	I (≥ 80)	II (70–79)	III (60–69)	IV (50–59)	V (≤ 50)
Внедельтовый агроландшафтный район					
Рис	100	–	–	–	–
Озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох, соя	100	–	–	–	–
Люцерна	100	–	–	–	–
Стародельтовый агроландшафтный район					
Рис	74.1	21.4	4.1	–	0.4
Озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох, соя	85.1	14.3	0.3	–	0.3
Люцерна	100	–	–	–	–
Переходнodelьтовый агроландшафтный район					
Рис	26.4	67.5	6.1	–	–
Озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох, соя	44.5	45.3	10.2	–	–
Люцерна	100	–	–	–	–
Младодельтовый агроландшафтный район					
Рис	7.6	38.6	42.7	10.3	0.8
Озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох, соя	24.4	22.8	24.8	26.0	2.0
Люцерна	84.0	7.0	7.0	–	2.0
Долинный агроландшафтный район					
Рис	30.7	21.2	31.1	17.0	–
Озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, горох, соя	41.6	34.0	10.8	11.3	2.3
Люцерна	84.5	13.2	–	–	2.3

Земли I категории (44.5 %) для сопутствующих культур представлены в основном теми же почвенными разностями, что и в стародельтовом районе, а также луговыми мощными и средне-мощными легкоглинистыми-тяжелосуглинистыми на в т.ч. оглеенных аллювиальных глинах и тяжелых суглинках, луговыми и аллювиальными луговыми среднесуглинистыми на аллювиальных средних суглинках. Последние в силу неблагоприятных для риса условий фильтрации (пониженной на тяжелых разновидностях и повышенной – на легких) оцениваются как земли II агроэкологической категории.

К землям II категории для названных культур отнесены следующие почвы: луговые среднесуглинистые на аллювиальных оглеенных глинах; аллювиальные луговые среднесуглинистые легкоглинистые, тяжело- и среднесуглинистые на аллювиальных легких глинах и суглинках, в т.ч. глубокозасоленные.

III категория земель представлена аллювиальными лугово-болотными глинистыми, реже тяжелосуглинистыми почвами на оглеенных аллювиальных и озерно-лиманных глинах. Часть из них осложнена засолением, вплоть до слабосолончакового.

Земли переходнodelьтового агроландшафтного района так же, как и стародельтового, характеризуются благоприятными агроэкологическими условиями для произрастания люцерны. Земли РОС на всей территории района оценены как I категория по отношению к данной культуре. В нее включены все выше перечисленные для переходнodelьтового района почвы (I, II, III категории для ранее рассмотренных пяти сопутствующих культур).

Младодельтовый агроландшафтный район является по плодородию почв наиболее пестрым и сложным, что нашло отражение в агроэкологическом разнообразии земель РОС. Состав почвенного покрова в отношении риса, озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника, гороха и сои на землях I, II, и III категорий аналогичен таковому для соответствующих градаций в переходнodelьтовом районе. В IV категорию включены аллювиальные перегнойно-глеевые, иловато-торфяно-глеевые, в т.ч. солончаковатые и слабосолончаковые, средне- и тяжелоглинистые почвы на оглеенных озерно-лиманных глинах.

V категория земель проявляется спорадически, представляя собой сильносолончаковые варианты почв IV категории.

На территории младодельтового агроландшафтного района 84 % земель в полной мере соответствуют требованиям люцерны к условиям произрастания и отнесены к I категории. В эту категорию объединены луговые, аллювиальные луговые, все лугово-болотные почвы, в т.ч. виды от глубоководнозасоленных до слабосолончаковых.

Земли, отнесенные ко II категории по отношению к данной культуре, занимают 7 % от площади младодельтового агроландшафтного района. Они представлены аллювиальными перегнойно-глеевыми, иловато-торфяно-глеевыми слабосолончаковыми и всех уровней солончаковатости почвенными разностями. Такую же площадь занимают и земли III агроэкологической категории. Они включают среднесолончаковые виды луговых и лугово-болотных глинистых почв на оглеенных аллювиальных и озерно-лиманных глинах.

Долинный агроландшафт для риса и промежуточных культур, исключая люцерну, близко соотносится с первыми тремя категориями земель, представленными в перехододельтовом агроландшафте. IV и V категории по номенклатуре почв аналогичны соответствующим категориям земель младодельтового агроландшафта.

Почвенные ресурсы долинного агроландшафта обеспечивают достаточно благоприятные условия для произрастания люцерны, обеспечивая в балансе почв I категорию на 86.5 %, II — на 13.5 % территории. Наименования почв соответствуют перечню стародельтового и младодельтового агроландшафтов для данной культуры.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует, что почвы зоны рисоводства Краснодарского края характеризуются в целом достаточно высоким агроэкологическим потенциалом и обеспечивают урожайность основной культуры в среднем по Краснодарскому краю в размере 57–63 ц/га. Более половины земельных ресурсов этого региона характеризуются благоприятными условиями для выращивания риса и основных сопутствующих культур рисовых севооборотов. Доля земель высших категорий (I и II) составляет соответственно 66.4 % и 70.7 %. Люцерна является наиболее толерантной к условиям произрастания, поэтому режим наибольшего благоприятствования для нее складывается более чем на 95 % обследованной территории. При этом наблюдается территориальная дифференциация, выражающаяся в том, что лучшими почвенно-мелиоративными условиями отличаются рисовые оросительные системы, расположенные в стародельтовом и переходном агроландшафтных районах. В младодельтовом районе более часто проявление лимитирующих факторов (засоление, осолонцевание, переуплотнение). Это необходимо учитывать при планировании производства, формировании севооборотов и подборе сортов возделываемых культур.

УДК 631.436.6:631.84 (571.54)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРИОАРИДНЫХ ПОЧВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Л.В. Будажапов

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,

г. Улан-Удэ, nitrolu@mail.ru

Агроэкологический потенциал криоаридных почв определяется целым спектром биотических и биотических факторов, которые находятся в высокой конгломератности и оказывают значимое воздействие на состояние режимных процессов, отражая своеобразие почвенных ресурсов этого уникального региона. Присутствие в почвенном профиле многолетней и сезонной мерзлоты в сочетании с высокой солнечной инсоляцией, выраженной аридностью режимных процессов и дефицитом увлажнения при наличии криогенных явлений и высоком потенциале криогенеза (до 89 %) не обеспечивает высокий агроэкологический потенциал криоаридных почв. Последнее отражается на плодородии почв, которые отличаются высокой устойчивостью содержания гумуса и общего азота с широким диапазоном и высокой вариабельностью подвижных питательных веществ при наличии непромывного, периодически промывного, промывного и мерзлотного периодически возвратно-промывного водного их режима на фоне сезонно-мерзлотного и мерзлотного температурного режима при высокой энергетике процессов оттаивания – промерзания. Как следствие, аг-

роэкологический потенциал криоаридных почв чрезвычайно низкий и ограничен во времени и пространстве, а почвенные ресурсы в этих жестких режимах представляют собой очень хрупкие системы с высокой отзывчивостью на поступление дополнительных источников энергии и стремятся максимально увеличить свое энергетическое состояние, ослабляя целый ряд негативных параметров их функционирования – принцип Ле-Шателье. В результате многолетних исследований с ^{15}N показано, что мерзлотные условия, в которых функционируют криоаридные почвы, значительно ограничивают минерализацию органического почвенного азота. Азотминерализующий их потенциал (N_0) не превышал 1 % от общего азота и в лугово-черноземной мерзлотной почве при внесении азотных удобрений составил 0.08 %, а в более прогреваемой каштановой и увлажненной серой лесной почвах достигал 2 % на варианте без удобрений. Доказано, что процесс минерализации органических соединений азота в почвах сезонно-мерзлотного и мерзлотного ряда подчинялся кинетике первого порядка, а экспоненциальный характер свидетельствует о наличии возбудимых процессов формирования минерального азотного пула с различиями в скоростных характеристиках. Минимальная константа (k) скорости минерализации наблюдалась в лугово-черноземной мерзлотной почве и при внесении азотных удобрений была очень слабой – $k = 0.053 \text{ год}^{-1}$, а сезонно-мерзлотных почвах (каштановая, чернозем южный, серая лесная) значительно выше – $k = 0.121\text{--}0.148 \text{ год}^{-1}$. Однако, кинетика (k) этого процесса в этих почвах оказалась значительно ниже почв европейской части. Последнее вызвано не только слабой активностью микробного ценоза почв, но и низким энергетическим их состоянием. Отмеченное подтверждается и периодом, в течение которого следует ожидать снижение интенсивности процесса наполовину – полураспад. Рассчитано, что время этого ожидания (T_{05}), независимо от вариантов и различий азотного фонда почв, в сезонно-мерзлотных (6 лет) и мерзлотной (15 лет) почвах наступает значительно позднее, чем в почвах европейской части. В результате незначительная величина азотминерализующего потенциала ($N_0 = 0.08\text{--}2.2 \%$), продолжительный период полураспада (T_{05}) и низкая кинетика (k) процесса минерализации отражают слабую оборачиваемость органического азота криоаридных почв в цикле внутрипочвенных превращений, являясь следствием чрезвычайно низкого агроэкологического их потенциала. Последнее выступает объективным фактором, который существенно сдерживает развитие процессов минерализации органических соединений в почвах региона, выступающие в качестве ближайшего резерва пополнения доступного азота, что подтверждается и низкими скоростными (кинетическими) параметрами.

УДК 631.4

ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПО ДАННЫМ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА ПОСЛЕДНЕЙ ТРЕТИ XVI В. НА ПРИМЕРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ПОЛИГОНА ЗЕЛЕНОГРАДСКИЙ ИНСТИТУТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА РАСХН

Д.А. Быков

Специализированный учебно-научный центр – факультет МГУ им. М. В. Ломоносова – Школа им. А.Н. Колмогорова, г. Москва, Dmitbykov@mail.ru

Документы государственного учета населенности земель и результатов использования их природных ресурсов сохранились у нас в России со времен становления Русского Централизованного государства с центром светской и духовной власти в Москве. Писцовые, межевые книги и составлявшиеся для верификации их данных по прошествии времени переписные и дозорные книги составляют основной массив учетно-кадастровых материалов втор. пол. XV – перв. дес. XVIII в. Полигон Зеленоградский – Опытная территория Почвенного института им. В. В. Докучаева РАСХН – на современной карте административного деления Московской области относится к Пушкинскому району. В XVI в. эта местность была границей Московского уезда с Дмитровским. Последний возник после присоединения земель Дмитровского княжества к московским владениям потомков Ивана Калиты как Великих князей Владимирских. Очертания рубежной линии и пределов единиц внутреннего административного деления (станов и волостей) многообразно, в т. ч. обратимо, изменялись. Тому способствовали военно-политические события столетий раздробленности. А кроме того, и широкие права вотчинников – преобладающей группы землевладельцев в старопашотных районах ополей южных окрестностей Клинско-Дмитровской гряды – на распоряжение

имениями. В результате военно-административных преобразований втор. пол. XV – втор. пол. XVI в. пестрота распределения земельного фонда Учинско-Клязьминско-Воринского междуречья увеличилась. К концу правления Ивана IV крупные вотчины были существенно потеснены поместьями за счет пожалований дворянству конфискованных и обменных казной земель. Во времена Федора Иоанновича практиковалось «отписывание на государя» незаконно уступленных частновладельческих земель, направленное гл. обр. против обогащения крупных церковных корпораций (напр., Троице-Сергиевой Лавры). Масштабные войны, действующая угроза набегов крымских татар, а также, возможно, разрывы целостной хозяйственной инфраструктуры крупных земельных держаний ради нарезки поместий привели к появлению значительного числа пустых земель на месте селений и пашенных угодий. Все пустоши имели в XVI в. названия, произведенные чаще от имен собственных, чем от орографических единиц. Писцовые описания окрестностей «Зеленоградского» имеют единообразный формуляр регистрации состояния природопользования независимо от социального статуса собственников описываемых земель, что облегчает выявление общих закономерностей. Распространенность найма сельскохозяйственных угодий в пустошах (напр., «пашня наездом») приводила к изменениям номенклатуры самих пустошей или одновременному бытованию нескольких названий. Последнему обстоятельству способствовало также совместное владение несколькими лицами (семействами) одним селением вследствие развития семейно-брачных отношений или долевого пожалования крупной земельной дачи.

Статическая и динамическая неопределенность топонимики пустошей и даже населенных земель при отсутствии привязки к орографии делают невозможным соотнесение земельных массивов с упомянутыми в позднейших, а иногда и синхронных кадастровых материалах. В то же время часть сел сохраняют свои имена с XV–XVI вв. до настоящего времени. Таково для местности «Зеленоградского» с. Черноземово.

В кадастре XVI в. обращает на себя внимание отдельный учет «пашни паханой» в четвертях. Перелог ((лесной (?) – Дм. Б.)), как и «пашня, лесом поросшая», учитываются по трем полям в равной пропорции: «...И четвертей в поле, а в дву потомуж», что в историографии принято трактовать как свидетельство господства парового трехполья. Такое обозначение широко применялось в XVII в. как раз для регистрации «пашни паханой». Площадь покоса указывается по его продуктивности в копнах сена, что в частновладельческом делопроизводстве сохранилось вплоть до отмены крепостного права. Лесные угодья описываются по хозяйственному назначению, выделяются «пашенный лес» и «лес роща». Их площади всегда указаны в десятинах, а сведений о полнотах древостоя не дается. Стоит заметить, что для «пашни, лесом поросшей» возможно указание относительного возраста древостоя по полноте: «в кол» и «в бревно». Известные из других писцовых описаний единицы – «в руку», «в ногу», «в оглоблю» – в изученных автором применительно к «Зеленоградскому» книгах XVI в. не встречаются. Земельные держания описываются у светских владельцев по сохам, т. е. по искусственно образованным земельно-податным округам. Всегда ли совпадали границы дач, поверстанных сошным письмом заодно, для описываемой территории бесспорно утверждать трудно. Алфавитные списки владельцев и земельных дач по административным единицам, широко известные для эпохи Генерального межевания втор. пол. XVIII в., от XVI ст. неизвестны (по крайней мере, для описываемой территории). Размеры участков «пашни паханой» и «лесу рощи» подчас совпадают у разных владельцев, что, может быть, свидетельствует только о единообразном размере государевой поместной дачи рядовому служилому человеку. Но трудно полностью исключить предположение о принципиальной возможности бытования лесопольной системы хлебопашества как более производительной в лесных местностях Нечерноземья сравнительно с навозным трехполем при отсутствии значительных по площади заливных лугов. Обилие мельниц – писцы указывают их несколько даже на малых водотоках: (Вязь, Скамба, протекающие по соседству Пажа и Вздеринаго), не говоря уже об Уче и Клязьме, свидетельствует как будто о достаточном количестве местного зерна. О приезде помольцев издалека ничего не говорится, зато всегда отмечены исчисляемые рублями суммы оброчного оклада с нанимателей мельниц об одном и о двух поставах. Местность вокруг «Зеленоградского» прилегала к водно-волоковым путям с Клязьмы и ее притоков на Дубну-Волжскую, что отразилось, в частности, в названиях с. Старый Погост и протекающей северо-восточнее р. Торгоши. При господстве Орды на Нижней и Средней Волге, Литвы на Верхней Оке и Новгородской республики на Верхней Волге в столетия раздробленности хозяйства Учинско-Воринского междуречья могли получить условия для расширенного сбыта хлеба в рамках оставшейся у Великих князей Владимирских части Волжского пути, а мо-

жет быть, и участвовать в поставках «низовскими» землями Северо-Востока Руси хлеба Великому Новгороду. Во всяком случае, оценка писцами качества пашенной земли распространена «средняя» и чаще встречается «худая», чем «добрая». Показателем служили не лесорастительные условия, а пригодность для хлебопашества.

Источники: Список с писцовой книги, составленной около 7082 (1573–74) поместных и вотчинных земель в станах: Васильцове, Почерневе, Шеренском, Обьезжем, Бохове, Радонежском и Манатыне; Список с писцовой книги 7093 и 7094 (1584–1586) поместных и вотчинных земель в станах Сурожском, Горетове, Манатыне Быкове Коровине, Бохове, Радонежском и Белях, Радонежском и Корзенева, Воре и Корзенева, Шеренском, Обьезжем и Пехорском и волости Вохне, письма и меры Тимофея Андреевича Хлопова с товарищи. Список с писцовой и межевой книги землям Троице-Сергиева м-ря в станах Горетове, Сурожском, Манатыне Быкове Коровине, Бохове, Воре, Корзенева, Радонежском и Белях и волостях Вохне и Тухачевской. Не датирован, царствование Федора Иоанновича (1584–98); Противень с приправочных книг 7102 (1593–94) землям Троице-Сергиева м-ря в станах: Сосенском, Сетунском, Горетове, Сурожском, Манатыне Быкове и Коровине, Пехорском, Бохове, Воре и Корзенева, Радонежском и Белях, Радонежском и Корзенева и в волостях Вохне и Тухачевской, письма и меры Луки Новосильцова да подъячего Алексея Шапилова; Список с писцовой книги 7101 (1592–93) землям Троице-Сергиева м-ря письма имеры Меншова Григорьевича Волынского и подъячего Посника Степанова в... Дмитровском уезде – по изд.: Калачов Н. В. Писцовые книги XVI в. Ч. 1. Отд. 1-е. М. 1872.

РГАДА. Ф. 1354. Планы Генерального межевания Московского уезда; Там же. Ф. 27. Оп. 1. Ед. хр. 484 ч. 4-я. № 24 – Чертеж Троицким землям с. Звягина с с. Братовщиным – местность по рр. Уче и Яменке (совр. Яменец).

ЛИТЕРАТУРА

Абатуров А.В. Лес и человек на Восточно-Европейской равнине в послеледниковье // Структура и функции лесов Европейской России. Отв. Ред. И. А. Уткина. М. 2009.

Готье Ю.В. Замосковский край в XVII в. М. 1937.

Зеленин Д.К. Русская соха, ее история и виды. Вятка. 1908.

Кочин Г.Е. Сельское хозяйство на Руси в период образования Русского государства (конец XIII – начало XVI в.) М. 1965.

Кусов В.С. Московское государство XVI – начала XVIII в. Сводный каталог географических чертежей. М. 2007.

Маслов С.П. Была ли подсечно-огневая система земледелия «хищнической»? // Труды VI международного конгресса славянской археологии. Ред. В. В. Седов. Т. 4. М. 1998.

Милов Л.В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. М. 1998; 2006.

Милов Л.В. «Не поле кормит, а нива» (о роли архаичных элементов в русском земледелии XVIII в.) // Аграрные технологии в России IX – XX вв. Материалы XXV сессии Симпозиума по аграрной истории Восточной Европы. Арзамас. 1999.

Милов Л.В., Булгаков М.Б., Гарскова И.М. Тенденции аграрного развития России в первой половине XVII столетия. М. 1986.

Тюрмер К.Ф. Пятьдесят лет лесохозяйственной практики. М. 1890; 1993.

Шватченко О.А. Вотчинное землевладение в России в конце XVI в. М. 2008

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

А.С. Владыченский, В.М. Телеснина

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, asvlad@list.ru

В настоящее время большая площадь сельскохозяйственных земель выводится из использования, что приводит к формированию на месте агроценозов постагрогенных растительных сообществ и, как следствие, постагрогенных почв. Особенности таких почв, в том числе динамика показателей биологической активности почв в ходе постагрогенной сукцессии, на сегодняшний день

изучены мало, поэтому представляют как научный, так и практический интерес. Исследование проводили на территории Костромской области (север южной тайги). Непосредственно изучаемые объекты расположены на приводораздельном склоне к р. Унже (табл. 1). Почвообразующие породы – моренные суглинки, на разной глубине перекрытые более легкими песчаными и супесчаными отложениями. Естественная растительность – березово-еловые леса. Изучены два сукцессионных ряда, первый из которых представляет собой разные стадии зарастающего сенокосного суходольного луга, второй – зарастающей пашни.

Таблица 1. Исследуемые постагрогенные ряды.

Угодье	Растительность	Почва (Классификация, 2004)
Участок 1. Почвы на супесях, подстилаемых глиной на глубине 30–40 см.		
Сенокос	Луг с преобладанием злаково-разнотравный	Агродерново-подзолистая реградированная
Заброшенный сенокос	Низкотравный луг с отдельными невысокими деревьями (серая ольха)	Агродерново-подзолистая реградированная
Лес 20 лет	Ивово-березовый сомкнутый лес	Дерново-подзолистая постагрогенная
Лес полновозрастный	Елово-березовый лес грушанково-черничный	Дерново-подзолистая
Участок 2. Почвы на супесях и песках, подстилаемых глиной на глубине 70–80 см и глубже.		
Пашня	Посевы овса	Агродерново-подзолистая
Залежь 5 лет	Луг разнотравно-злаковый	Агродерново-подзолистая реградированная
Залежь 10 лет	Луг с отдельно стоящими деревьями (ивы)	Агродерново-подзолистая реградированная
Лес 35 лет	Осиново-березовый сомкнутый лес	Дерново-подзолистая постагрогенная
Лес полновозрастный	Елово-березовый лес сфагново-черничный	Подзолистая грубогумусовая

Каждому фитоценозу соответствовала мониторинговая площадка, на которой ведутся многолетние наблюдения. Были определены некоторые количественные параметры компонентов биологического круговорота (наземная и подземная фитомасса травяного яруса, зольность опада, количество зольных элементов и азота, поступающих ежегодно с легкоразлагаемым опадом); основные физико-химические и химические свойства почв, а также ряд показателей биологической активности почв: 1) эмиссия диоксида углерода из почв; 2) субстрат-индуцированное дыхание (СИД), показывающее потенциальную дыхательную активность; 3) биомасса почвенной микробиоты; 4) целлюлозоразлагающая активность; 5) ферментативная активность почв (каталазная и протеазная).

Эмиссия почвами углекислого газа имела максимальные значения в луговых фитоценозах первого участка (табл. 2), что может быть связано с большим вкладом в этот процесс корневого дыхания, которое наиболее интенсивно именно в фенофазу цветения злаков (изучаемые луга были наиболее богаты злаками). Наиболее низкие значения эмиссии соответствовали фитоценозам полновозрастных лесов. Субстрат-индуцированное дыхание почв является более информативным показателем, поскольку не зависит от интенсивности корневого дыхания, а также от атмосферных параметров. После прекращения выкашивания луга СИД уменьшалось, при дальнейшем зарастании снижение продолжалось еще более резко. Для почвы пашни характерно низкое СИД (по видимому, удобрения не вносились), далее при зарастании по мере увеличения биомассы травостоя оно росло, при этом максимальное значение соответствовало чаще всего ранним стадиям зарастания, а также сомкнутому лесу в возрасте 35 лет. На стадии 10-летней залежи СИД снижалось, при этом продуктивность травостоя была невысокой, а древостой еще не сформировался, что отражалось на количестве поступающего в почву опада, который служил основным субстратом для почвенных микроорганизмов. Аналогичным образом происходило изменение биомассы почвенных микроорганизмов (рассчитано по величине СИД). Изменение значений протеазной активности не было значительным, но были установлены некоторые тенденции – наиболее высокой протеазной активностью характеризовались почвы сенокосного луга (первый участок) и молодой залежи (второй участок), что соответствовало наиболее гумусированным почвам. Каталазная активность, по видимому, была наиболее тесно связана с плотностью сложения почвы – в ходе зарастания луга и пашни лесом она возрастала. Показатель, рассчитываемый как отношение базального дыхания почвы к микробной биомассе, характеризовал степень эффективности использования органическо-

го вещества почвенной микрофлорой и, таким образом, активность последней. Так, в ходе исследования было выявлено снижение отношения Смик/Собщ от луговых к лесным сообществам. Максимальное значение этого отношения было характерно для почвы 5-летней залежи.

Таблица 2. Химические свойства и показатели биологической активности исследуемых почв (верхний минеральный горизонт).

Угодье	pH	C, %	СИД 2009 (2010), мкгСО ₂ /г·ч	БМ 2009 (2010), мкгС/г почвы	Смик/ Собщ, %	Протеаз-ная актив-ность, мг глицина/ г почвы	Каталазная ак- тивность, мл О ₂ , мин.	Целлюлозо- разложение, % потери массы*	Эмиссия СО ₂ , мг/м ² ч
Участок 1.									
Сенокос	5.4	2.6	11.9	262.8	1.0	1.7	1.6	80	536.7
Старый луг	5.1	2.0	9.3	202.7	1.0	1.4	3.5	72	624.1
Лес 20 лет	4.8	1.7	4.7	104.9	0.6	0.9	4.3	36	439.0
Лес полно- возраст- ный	4.6	2.1	6.5	142.7	0.6	1.4	4.4	59	244.4
Участок 2.									
Пашня	6.3	1.0	5.9 (6.6)	130.9 (155)	1	1.0	2.0	–	338.5
Залежь 5 лет	6.1	1.2	9.8 (14.7)	218.0 (223)	2	4.5	3.1	51.8	323.1
Залежь 10 лет	5.1	1.9	5.6 (7.3)	123.8 (142.5)	0.6	0.8	2.7	31.8	439.6
Лес 35 лет	4.7	2.5	10.2 (8.4)	226.2 (172.7)	0.9	2.3	3.7	52.0	369.8
Лес полно- возраст- ный	4.2	4.1	(4.7)	(104.9)	0.2	0.8	5.7	55.0	266.6

*Для первого участка определялась в 2007–2008 гг, для второго – в 2009–2010.

Биологическая активность почвы, определенная по скорости разложения целлюлозы, существенно снижается от сенокосного луга к лесу при зарастании, причем особенно резко это происходит на стадии сформированного древостоя – по-видимому, существенную роль в поддержании активности почвенной микробиоты играют корни травяного яруса, количество которых в лесном сообществе резко сокращается. Результаты исследования целлюлозоразлагающей активности при зарастании пашни, по-видимому, были менее адекватны, т.к. аномально сухая и жаркая погода летом 2009 и 2010 гг. (в отличие от 2007 и 2008 гг.) способствовала нивелированию биологической активности во всех экосистемах независимо от стадии зарастания. Однако, и при таких условиях биологическая активность в почве старой залежи оказалось низкой по сравнению с «соседними» стадиями – молодой залежью и мелколиственным лесом.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующее заключение. Динамика биологической активности почв в ходе постагрогенного лесовосстановления определяется главным образом особенностями смены растительности – флористического состава, структуры биомассы и ее состава. Почва пашни характеризуется, с одной стороны, наименьшей кислотностью, а также, видимо, хорошей аэрированностью по причине периодической распашки, с другой – на поверхность много лет практически не поступает свежий опад, который является основным субстратом для почвенных микроорганизмов. Действительно, уже через 5–6 лет после прекращения распашки значения СИД, а также величины протеазной и каталазной активности существенно возросли. Еще через 5 лет почва подкислялась, и, кроме того, резко уменьшалась надземная фитомасса и, как следствие, количество поступающих с опадом азота и зольных элементов (табл. 3), что отразилось на всех показателях биологической активности почвы, в том числе на целлюлозоразлагающей ак-

тивности. На стадии 35-летнего леса наблюдается второй максимум биологической активности по причине увеличения поступающего в почву легкоразлагаемого опада, а также пика интенсивности биологического круговорота, характерного для мелколиственных лесов именно в возрасте 30–35 лет. При зарастании сенокосного луга резкое снижение биологической активности практически по всем изученным показателям наблюдалась на стадии формирования сомкнутого древостоя. Биологическая активность почв естественных лесов была довольно низкой (практически по всем показателям).

Таблица 3. Количество и состав поступающего легкоразлагаемого опада (травянистые растения и листва деревьев) и корней травяного яруса.

Угодье	Надземная биомасса ежегодно опадающих частей ТКЯ, г/м ²	Листва деревьев, г/м ²	Сумма, г/м ²	Сумма азота и зольных элементов, г/м ²		
				Опад листовой	Опад травяной	Сумма
Участок 1.						
Сенокос	333.5	–	333.5	–	38.0	38.0
Заброшенный сенокос	250.0	–	250.0	–	26.1	26.1
Лес 20 лет	56.4	200	256.4	17.5	7.0	24.5
Лес полновозрастный	51.4	290	341.4	15.0	3.5	18.5
Участок 2.						
Пашня	–	–	–	–	–	–
Залежь 5 лет	351.0	–	351.0	–	31.3	31.3
Залежь 10 лет	60.0	–	60.0	–	10.7	10.7
Лес 35 лет	23.0	1500	1523.0	96.1	1.54	97.6
Лес полновозрастный	100.0	250	350.0	14.1	6.7	20.8

Таким образом, постагрогенная эволюция агроэкосистем способствует в целом снижению биологической активности почв, при этом максимальная биологическая активность наблюдается на стадиях, отвечающих следующим условиям:

1. сочетания последствий окультуривания с поступлением достаточного количества легкоразлагаемого опада (молодые залежи);
2. интенсивный биологический круговорот, сопряженный с поступлением большого высокозольного опада (35-летний мелколиственный лес).

УДК 631.879.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ КАК СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ КИСЛЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Е.Н. Волкова, Д.Н. Талашов

Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров,
ele-ven@yandex.ru

Дерново-подзолистые почвы являются основным типом почв, сформировавшимся в условиях гумидного климата Северо-Западного региона России. Эти почвы обладают низким уровнем естественного плодородия в связи с невысоким содержанием гумуса, кислой реакцией и др. Кроме естественных причин, подкисление почвы происходит и под действием антропогенных факторов, таких как кислотные осадки, внесение физиологически кислых удобрений и др. В целом по стране площадь почв, имеющих неблагоприятную для большинства культурных растений реакцию, неуклонно возрастает и в настоящее время составляет уже около 56 млн.га.

Целью аграрного производства, направленной на решение вопросов продовольственной безопасности страны, является получение достаточно высоких урожаев хорошего качества при сохранении и повышении плодородия почвы. На кислых дерново-подзолистых почвах это невозможно без их известкования и внесения органических и минеральных удобрений. Известкование коренным образом меняет все свойства почвы: повышает катионообменную способность, биологиче-

скую активность почв, физические свойства, эффективность минеральных удобрений, особенно азотных и др.

В современных условиях в связи со значительным уменьшением государственных дотаций на химическую мелиорацию, повышение обеспеченности земледелия известковыми удобрениями с меньшими затратами средств представляется возможным за счет более широкого использования местных карбонатных материалов и промышленных отходов, содержащих кальций и магний. Определенный интерес с этой точки зрения представляют золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся при сжигании минерального топлива.

Обычно ЗШО складывают в отвалы, что приводит к отчуждению значительных площадей земель. В результате пылеобразования и горения отвалов загрязняются прилегающие к ним местность и воздушный бассейн. Объем топливных шлаков за предыдущие 30–40 лет непрерывно уменьшался из-за перевода большинства крупных ТЭС, ТЭЦ и крупных котельных с торфа, угля и мазута на газ, однако проблема их утилизации остается актуальной из-за необходимости утилизировать старые запасы, накопившиеся за более ранний период. К тому же в последние годы из-за стремительного роста цен на газ наблюдается тенденция возвращения к использованию в энергетике твердых и жидких топлив, что приведет к возобновлению роста шлаковых и золовых отвалов.

Таким образом, утилизация ЗШО в качестве химических мелиорантов позволила бы улучшить агрохимические свойства почвы и решить экологические проблемы.

Особенностью ЗШО является нестабильность их физико-химических свойств, которые связаны с видом сжигаемого топлива, топочным режимом на ТЭС и технологией улавливания дымовых газов. Поэтому нами была разработана методология изучения ЗШО и отобраны показатели, наиболее значимые для агрохимических целей.

Установлено, что одним из препятствий для использования ЗШО в сельском хозяйстве в качестве мелиорантов или микроудобрений является их потенциальная радиоактивность и высокое содержание загрязняющих примесей. Возможная экологическая опасность ЗШО должна учитываться по следующим показателям: водомиграционному, общесанитарному, воздухомиграционному, транслокационному.

Нами были отобраны 10 образцов ЗШО из разных источников г. Санкт-Петербурга и Ленинградской обл.

По общепринятым методикам определяли следующие показатели: влажность, потери от прокаливании, насыпную плотность, гранулометрический состав, общую нейтрализующую способность, рН, сульфаты, хлориды, элементный химический состав. Особого внимания заслуживает содержание в них элементов-загрязнителей (тяжелых металлов), концентрация которых может ограничивать использование ЗШО в земледелии.

Все образцы ЗШО относились к основным, рН их составляла от 11.3 до 12.7.

Наиболее мелкий и однородный гранулометрический состав имел образец №4 – 84.1 % частиц пыли прошло через сито с диаметром отверстий 0.2 мм и осталось на дне сита. Неблагоприятный гранулометрический состав имел образец №1 в основном в виде крупных комьев, которые не проходили через сито с ячейками 2.5 мм и менее (79.8 %).

Самую высокую влажность имел образец №1 – 55.6 %, в остальных она находилась в пределах 0.3–0.03 %. Насыпная плотность изменялась в пределах 0.28–1.33 г/см³ (гравиметрический метод по ГОСТу 8735-88).

Эти данные позволяют сделать вывод, что некоторые виды ЗШО требуют предварительного подсушивания или измельчения перед внесением их в почву.

Рентгено-флуоресцентный анализ ЗШО на содержание в них 24 элементов показал, что содержание тяжелых и примесных металлов было невысоким, больше всего меди – от 0.014 до 0.05 %, цинка – от 0.09 до 0.25 %. Из макроэлементов содержание калия варьировало от 2.5 до 17.5 %, фосфора – от 3.3 до 8.5 %, сульфатов – от 0.91 до 12.7 %, хлоридов – от 0.38 до 35.67 %. Таким образом, концентрация фосфора и калия в образцах была довольно высокой, а учитывая высокие дозы внесения мелиорантов, можно использовать их для улучшения фосфатного и калийного питания растений.

При оценке эффективности шлаков как мелиорантов основное внимание следует обращать на их нейтрализующую способность, активность, модуль основности и др. Самой высокой нейтрализующей способностью обладали образец №2 – 77.6 % и образец №3 – 66.1 %, она коррелировала

с содержанием в них кальция и магния. У других образцов этот показатель изменялся от 18.1 % до 44.3 %.

Далее нами было рассчитано поступление элементов в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву ($pH_{\text{кел}} - 5.33$) с дозой, достаточной для нейтрализации избыточной кислотности. Выяснилось, что образец №4 превышал в почве ПДК по меди, поэтому доза его внесения не должна быть выше 13.2 т/га.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных анализов и расчетов, по совокупности физико-химических свойств мы выделили 2 образца ЗШО, с которыми далее проводили вегетационные опыты в полиэтиленовых сосудах без дна, вмещавших 8 кг почвы, в которых в течение двух лет последовательно выращивали ячмень, рапс и горох. ЗШО уже в первый год после внесения повысил урожайность ячменя на 29–40 %, увеличилась обменная кислотность, степень насыщенности почв основаниями, содержание подвижных фосфора и калия. Анализ растений показал невысокое содержание тяжелых металлов. В дальнейшем будет проанализирована динамика изменения свойств почвы и растений, так как взаимодействие почвы с ЗШО происходит постепенно в течение длительного периода времени.

Таким образом, после предварительного изучения свойств ЗШО, а с учетом изменений, которые происходят в системе «ЗШО – почва – растение», можно предлагать эти отходы для использования в качестве нетрадиционных мелиорантов и микроудобрений для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

УДК 631.4

СПЕЦИФИКА ПОЧВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОБЛЕМА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Г.А. Воробьева, Н.В. Вашукевич, С.Л. Куклина
Иркутский государственный университет, galvorob@yandex.ru

Появление земледелия. В 2011 г. Иркутску исполняется 350 лет. Освоение территории Прибайкалья русскими первопроходцами началось с первой половины XVII века. Первопроходцы называли Прибайкалье «братской землей» (бурятской землей), так как основным населением здесь были буряты. Вторым по численности народом после бурят были эвенки, совсем немногочисленными были тофы. (Эвенки и тофы – кочевые народы, занимавшиеся и до сих пор занимающиеся в основном охотой и оленеводством).

Приход русских активизировал развитие земледелия. Но в историческом контексте русские не были здесь первыми землепашцами. Первенство принадлежит курыканам – народности тюркского происхождения. В VI–XI веках курыканы были довольно многочисленными воинственными племенами. В начале XI века под давлением монголоязычных племен курыканы ушли на север и составили ядро якутского народа.

Оставленные курыканами территории в XI–XIII в. заселяют монголоязычные племена (в отличие от «степных» монголов Чингисхана их называли «лесными» народами). Среди них были и бурятские племена. В отличие от курыкан земледелие у бурят было развито очень слабо, хотя они умели выращивать просо и ячмень. Основным занятием бурят было скотоводство, главным богатством считались табуны лошадей. Одни племена бурят постоянно кочевали в поисках пастбищ, другие – вели оседлый образ жизни. Скотоводство оседлых племен требовало уделять особое внимание сенокосам, в связи с чем буряты создавали утуги – удобряемые, а иногда орошаемые покосы.

Первопроходцы шли по рекам и проникали на территорию будущей Иркутской области с ее севера. Им предписывалось ставить остроги на удобных местах, где можно было бы вспахать землю и сеять рожь и овес. Так, на 56–58° с.ш. казаки построили первые остроги и стали развивать земледелие в очень суровых климатических условиях, при оценке которых следует учитывать не только широту местности и сплошную ее залесенность, но и особое время – малый ледниковый период.

Русская пашня началась с устья р. Куты (правого притока Ангары, ныне населенный пункт Усть-Кут). Здесь Хабаров распорядился распашать и засеять первые десятины земли. Сейчас эта территория считается малопригодной для земледелия. Тем не менее, чтобы выжить первопоселен-

цам приходилось возделывать почву. Примерно в таких же суровых северных условиях появилась историческая Илимская пашня.

Проникая вверх по рекам с севера на юг, первопроходцы попадали не только в более теплый климат, но и в ландшафты, довольно благоприятные для земледелия – лесостепи и даже степи. Ныне это юго-восточная часть области – Усть-Ордынский бурятский национальный округ с дерново-карбонатными почвами и черноземами на склонах и надпойменных террасах, с лугово-черноземными почвами по падьм и высоким поймам рек. С приходом русского населения хозяйственный уклад бурят на этих территориях стал быстро меняться, и уже ко второй половине XIX века земледелие в хозяйстве бурят стало играть доминирующую роль.

Современная ситуация. Общая площадь земельных ресурсов Иркутской области 77.5 млн га, площадь сельскохозяйственных земель составляет всего 2.9 млн га, т.е. около 3.7 %. Из них пахотных земель 1.7 млн га (2.2 %), при этом около 0.5 млн га, т.е. 30 % пашни в настоящее время не используются по назначению (данные Россельхознадзора по Иркутской области за 2010 г.). Наиболее освоены южные и юго-восточные лесостепные районы. В них сельскохозяйственные угодья занимают 64 % всех земель.

Старопахотные земли располагались вдоль магистральных рек (Ангара, Лена) и их крупных притоков на плодородных почвах высоких пойм и низких надпойменных террас. С 60-х годов XX века началось строительство каскада ГЭС (Иркутской, Братской, Усть-Илимской, Богучанской), а освоенные и обжитые территории в долине реки Ангары и на приустьевых участках ее притоков начали затопляться водами крупных водохранилищ. Было затоплено 167 тыс. га наиболее качественных сельхозугодий, из них 57.8 тыс. га пашен. Затопление этих почв компенсировали распашкой подлесных низкоплодородных земель на склонах и вершинах увалов. Результатом заполнения грандиозных водохранилищ явилось также резкое снижение площади кормовых угодий, особенно сенокосов.

В настоящее время на долю Иркутской области приходится всего 1.5 % объема продукции сельского хозяйства России. Собственными продуктами сельского хозяйства область обеспечивает себя только наполовину. Такая ситуация свидетельствует об актуальности проблемы продовольственной безопасности области, богатой многими природными ресурсами (лесом, газом, нефтью, золотом, железом и различными минеральными полезными ископаемыми).

Специфические особенности почв и почвенного покрова. Особенностью эволюции почвенного покрова является то, что плоскогорная и равнинная часть Прибайкалья (так называемый «Иркутский амфитеатр») в плейстоцене находилась в зоне мощного подземного оледенения, но никогда не покрывалась ледниками. Ледники существовали только в горном обрамлении Иркутского амфитеатра. Эти палеогеографические события определили ряд особенностей почв и почвенного покрова.

1. В ледниковья на рассматриваемой территории доминировали криоаридные безлесные пространства типа тундро-степей. Почвенный покров был представлен слабо развитыми почвами, с верхними маломощными сухоторфянистыми, торфянистыми, дерновыми и светлогумусовыми горизонтами, сменявшимися вниз по профилю карбонатными лесовидными суглинками, иногда оглеенными. Плейстоценовые лесовидные образования вскрываются в профиле «современных» почв с глубины 60±20 см и во многом определяют их специфику. Главное свойство специфики – наличие карбонатов в корнеобитаемой толще и обусловленные ими щелочная реакция нижних горизонтов почв и слабая актуальная и потенциальная кислотность верхних бескарбонатных горизонтов. Исключение – кислые почвы Предсаянской депрессии.

2. Широкое распространение в области имеют дерново-подзолистые почвы, соответствующие этому типу лишь по морфологии, но имеющие рН около 6, высокую СНО, фульватно-гуматный состав гумуса, карбонаты в горизонте С. По аналогии с одноименными почвами европейской части России, для них нередко планируется известкование, однако это мероприятие не будет способствовать повышению плодородия почв. Специфичны также серые лесные почвы региона, среди которых выделялись серые оподзоленные и неоподзоленные. Специфика других почв отражается через их названия: дерновые лесные, дерновые степные, дерново-бурые, дерново-карбонатные красноцветные и сероцветные и др.

3. На этот общий неординарный фон почвенного покрова накладывается влияние мощного криогенеза, имевшего место в финале плейстоцена. Тогда вся территория Прибайкалья покрылась сетью криогенных трещин. После деградации многолетней мерзлоты сформировалась хорошо вы-

раженная разномасштабная полигональная структура почвенного покрова, различающаяся по своим параметрам, – от бугристо-западинной (с разными типами почв на буграх и западинах) до полигонально-блочной (с почвами одного типа, но разных подтипов, родов, видов, различающихся по степени выщелоченности, мощности, гумусированности).

В XX веке в связи с распашкой огромных площадей и активизацией водной и ветровой эрозии полигональная пятнистость почвенного покрова стала проявляться все ярче, усилилась контрастность свойств почв внутренних частей полигонов и участков вдоль сети криогенных трещин. Во внутренних частях криогенных полигонов мощность гумусовых горизонтов почв стремительно уменьшалась. На многих участках подошли близко к поверхности или вышли на нее и были включены в состав пахотного горизонта бесплодные отложения сартанского возраста (24–10 тыс.л.н.), характеризующиеся рядом отрицательных особенностей. Среди них: 1) высокое содержание карбонатов, что препятствует формированию агрономически ценной почвенной структуры; 2) плохая смачиваемость атмосферными осадками, а, следовательно, постоянный дефицит влаги; 3) щелочной суспензионный эффект – рН почвенной суспензии может достигать очень высоких значений (рН=9.0–9.2), губительных для сельскохозяйственных культур.

Участки вдоль сети криогенных трещин на аэрофотоснимках и космических снимках выделяются как темная сеть, оконтуривающая светлые полигоны. Почвы вдоль сети криогенных трещин отличаются хорошей гумусированностью, неплохой оструктуренностью, слабокислой или нейтральной реакцией, имеют лучшее увлажнение по сравнению с почвами внутренних частей полигонов. Однако сеть глубоких криогенных трещин способствует провальной фильтрации влаги. Атмосферные осадки быстро сбрасываются на глубину (1.5–2 м и более), недоступную корневой системе большинства сельскохозяйственных культур, и по естественным внутригрунтовым дренам устремляются вниз по уклону рельефа. Контрастная пятнистость характерна для большинства массивов пахотных угодий.

Проблема восстановления и повышения почвенного плодородия. Как отмечено в «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации», стабильность внутреннего производства сельхозпродукции может достигаться путем комплекса мер. Среди наиболее значимых: повышение почвенного плодородия, расширение посевов сельскохозяйственных культур за счет неиспользуемых пахотных земель.

Для Иркутской области задача расширения посевов сельхозкультур вполне решаемая, поскольку на настоящий момент в области находятся обширные площади заброшенных пашен. За 10–20 лет забвения часть из них покрылась кустарником и лесом и требует культуртехнических мероприятий. Часть пашен в степных районах заросла сорняками, которые в дальнейшем стали сменяться естественной степной растительности. Можно считать, что эти земли в какой-то мере даже восстановили свое плодородие.

Что касается мер, направленных на повышение плодородия пахотных почв, то эта проблема многоплановая и очень сложная. Об этом свидетельствуют вышеперечисленные особенности почв и почвенного покрова. Нам представляется, что решать эту проблему одним земледельцам не под силу, поскольку почву нельзя представлять просто как пахотный слой, который содержит влагу, элементы питания растений и является механической опорой для их корневой системы. К решению задач восстановления и повышения плодородия должны быть привлечены почвоведы-профессионалы. Методы борьбы с отрицательными свойствами почв требуют научного подхода и инновационных разработок.

В первую очередь необходимо возобновить почвенно-картографические работы, но выполнять их на новой основе (новые принципы, новые инструкции, новые цели и задачи). Прежние почвенные карты М 1:25000 имеют давность свыше 20–30 лет, они устарели по всем параметрам, в том числе по используемым классификациям и по сведениям о почвах. В сложившейся ситуации начинать, вероятно, следует с переобследования почв пахотных массивов. Масштаб обследования пашен должен быть не мельче М 1:10000, а на ключевых участках М 1:1000. При создании почвенных карт должны быть использованы космические снимки и ГИС-технологии.

Восстановление и повышение плодородия почв, их мониторинг, внедрение научно-обоснованных систем земледелия – все эти программные мероприятия должны опираться на принципиально новые почвенно-картографические материалы. Детальные почвенные карты пахотных угодий должны сопровождаться информацией по строению, составу и основным свойствам конкретных почв, особенности которых необходимо учитывать при разработке агротехнических и аг-

рохимических мероприятий. Специфика региона и его палеогеография определяют не только различия в типах почв, но и различия в свойствах однотипных почв. Поэтому мероприятия, апробированные на почвах Европейской России и других сибирских регионов, далеко не всегда могут дать положительный эффект на почвах Иркутской области. Требуется новые подходы и новые решения.

УДК 631.10:631.4

ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СЕЗОННО-МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Г.П. Гамзиков

Новосибирский государственный аграрный университет, gamolgen@rambler.ru

В своеобразных климатических условиях Сибири с коротким периодом вегетации растений и ограниченным во времени сроком активной биологической жизни почв, наряду с воздействием криогенных процессов и маломощностью их гумусового профиля, экстенсивное ведение земледелия способствует ухудшению агрохимических свойств, приводит к дисбалансу элементов минерального питания и, соответственно, снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. Предотвратить или сдержать процессы потерь плодородия почв возможно лишь при условии активного применения комплекса агротехнических приёмов (почвозащитная система земледелия, севообороты, способы обработки почвы и др.). Особое значение в сохранении и поддержании плодородия почв имеют органические и минеральные удобрения. Между тем, агрохимическая и хозяйственная целесообразность широкого использования удобрений необоснованно оспаривается экологами.

В настоящей работе на примере многолетних собственных и обобщенных материалов исследований сибирских агрохимиков сделана попытка выяснить значение длительного применения удобрений на количественный и качественный состав органического вещества основных типов сезонно-мерзлотных почв региона. Изучение роли внесения удобрений на гумусное состояние почв проводилось в длительных (30–65 лет) стационарных опытах.

Под влиянием длительного внесения удобрений в полевых севооборотах удаётся не только предотвратить потери органического вещества из почв, но и поддерживать его на более высоком уровне в сравнении с контролем. Сохранение, а в большинстве вариантов и повышение содержания и запасов гумуса в почвах становится возможным не только при органической и органоминеральной системах удобрений, но и минеральной. Этому способствуют более высокая продуктивность агроценозов (формирование урожая культур, накопление биомассы микроорганизмов, пожнивных и корневых растительных остатков), что служит резервом для последующей гумификации и минерализации. На вариантах длительного применения удобрений, как показывают определения, поступление растительных остатков в 1.3–1.5 раза, а накопление биомассы микроорганизмов в 1.4–1.6 раза больше, чем на контроле.

Повышенное поступление свежего органического вещества на удобренных вариантах способствует в процессе его разложения более высокому накоплению лабильных органических соединений (подвижных и водорастворимых). Интенсивность накопления мобильных соединений органического вещества в чернозёмах выше, чем в дерново-подзолистых и серых лесных почвах.

Под влиянием систематического применения удобрений проявляется чёткая тенденция к изменению группового состава гумуса в сторону его улучшения. В дерново-подзолистых почвах возрастает накопление гуминовых кислот, что приводит к изменению типа гумуса этих почв с гуматно-фульватного на фульватно-гуматный. В серых лесных и чернозёмах расширяется отношение $C_{гк}:C_{фк}$. Содержание негидролизуемого остатка под влиянием удобрений в дерново-подзолистых и серых лесных почвах возрастает, а в чернозёмах практически остаётся неизменным.

Фракционный состав гумуса длительно удобряемых почв меняется неоднозначно. Абсолютное содержание I-ой фракции ГК достоверно возрастает во всех почвах, кроме чернозёмов, относительное же, в связи с увеличением содержания общего углерода, остаётся практически неизменным. Количество углерода II-ой фракции достоверно возрастает только в чернозёмах, в III-ей – не проявляется чётких количественных изменений во всех почвах. Содержание первых трёх фракций фульвокислот под влиянием удобрений в почвах нечернозёмного комплекса заметно снижается,

при возрастании IV-ой. В чернозёме тенденция снижения первых двух фракции ФК остаётся, при этом доля двух последующих – увеличивается.

Таким образом, в своеобразных климатических условиях Сибири систематическое применение минеральных и органических удобрений оказывает положительное влияние на процессы гумусообразования, что позволяет не только поддерживать общее содержание гумусовых веществ, повышать их запас, но и улучшать качественный состав. Под влиянием удобрений возрастает количество лабильных соединений органического вещества, повышается доля ГК по отношению к ФК, улучшается фракционный состав гумуса почв. Положительная направленность процессов гумусообразования в удобренных почвах длительных стационарных опытов позволяет судить о том, что, несмотря на криогенные процессы, своеобразии короткого тёплого периода и недостаточное увлажнение, применение удобрений способствует стабилизации и поддержанию их плодородия. При этом не наблюдается негативного экологического влияния на агроландшафты.

Положительное влияние на стабилизацию органического вещества в пахотных почвах Сибири зависит от норм и длительности внесения удобрений. К сожалению, резкое уменьшение применения удобрений в земледелии региона за последние два десятилетия привело к усилению дефицита баланса углерода и элементов минерального питания полевых культур, снижению эффективного и потенциального плодородия почв, а, следовательно, к потере гарантий получения стабильных сборов продукции растениеводства.

УДК 631.8

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д.Л. Голованов

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, dm_golovanov@mail.ru

Продуктивность почв, по Г.В.Добровольскому и Е.Д. Никитину (1990), – есть отражение всей совокупности их экологических функций. Поэтому невозможно оценивать ее каким-либо одним показателем – содержанием гумуса, баллом бонитета, кадастровой оценкой единицы площади элемента структуры почвенного покрова. Фактически урожайность есть характеристика не почв, а агроэкосистем (агроландшафтов).

Истоки многих современных оценочных подходов, нередко взаимоотрицающих, но на практике – взаимодополняющих друг друга, обнаруживаются в трудах В.В. Докучаева. По мнению И.П. Герасимова (1963), можно выделить 3 основных направления в оценке почв и земель: бонитировочный, природно-географический и экономико-географический или рентный. Успешность использования каждого из подходов зависит от задач и масштаба исследования.

Широко применяемый в сельскохозяйственной оценке почв и земель балльный бонитировочный подход с одной стороны, по умолчанию предполагает линейную зависимость продуктивности от свойств почв, с другой стороны, уходит корнями в те времена, когда данные по урожайности являлись информацией для служебного пользования. Анализ опыта бонитировочных исследований позволил И.И. Карманову (1980) выявить зависимость критериев бонитировки не только от природных условий оцениваемой территории (табл. 1), но и от уровня интенсивности использования земель.

Таблица 1. Различия в свойствах почв, используемых для бонитировки в различных почвенных зонах земледельческой полосы России (по И.И. Карманову, 1980, 1991).

Учитываемые свойства почв	Преобладающие почвы				
	П ^А	Л	Л	ч ^В ч ^Г	ч ^О ч ^Ю К
	Сопутствующие почвы				
	Л	П ^Д ч ^В ч ^{ОП}	ч ^В ч ^Г	Л, ч ^О	
рН	+	+	+	(+)	–
Доступные К ₂ О, Р ₂ О ₅	+	+	+	(+)	–
Гумус (%)	+	+	+	+	+
Мощность А1	–	+	+	+	+
Запасы гумуса (1 м)	–	+/-	(+)	+	(+)

Он показал, что по мере роста интенсивности использования земель, снижается роль агрохимических показателей их оценки, но возрастает значение показателей агрофизических: объемного веса (V), влагоемкости, водопроницаемости, а значит гранулометрического состава и оструктуренности.

По И.И. Карманову (1980, 1991) и Д.С. Булгакову (2002) урожайность есть функция природных, научно-организационных и хозяйственно-экономических факторов, что нашло отражение в почвенно-экологическом индексе (ПЭИ) – функции от климатических (сумма активных температур ($\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}$), коэффициент увлажнения ($KУ$), степень континентальности ($КК$)), агрофизических (объемный вес V) и почвенно-агрохимических показателей (A) с поправкой на коэффициент (K), обусловленный интенсивностью использования земель.

$$ПЭИ = K * (2 - V) * A * (\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}) * KУ / (КК + 70) \quad (1)$$

Но сам коэффициент K является нелинейной функцией от уровня интенсивности использования земель.

Количественный подход к оценке продуктивности почв и повышению интенсивности их использования традиционно связывают с именем Ю.Либиха. Именно он ввел представления о незаменимости факторов жизни растений, кардинальных точках, получивших название закона минимума, максимума и оптимума Либиха. Наглядной иллюстрацией закона служит «бочка Либиха». Все это свидетельствует об эмпирически установленных нелинейных многофакторных зависимостях урожайности от факторов жизни. Значение открытий Ю. Либиха далеко выходит за пределы прикладных исследований и лежит в основе биогеохимии, геохимии и геофизики ландшафта, теоретической экологии.

В то же время математическая модель, предложенная Либихом и нередко до сих пор используемая многими исследователями на подсознательном уровне, не выдерживает никакой критики, поскольку противоречит им же установленным закономерностям. Речь идет о прямо пропорциональной линейной зависимости продуктивности от одного из факторов:

$$P = P_0 + k * X, \quad (2)$$

где P – продуктивность, P_0 – продуктивность при нулевом значении фактора (в пределе – 0), X – значение фактора, k – коэффициент отзывчивости продуктивности на фактор.

Параболическая зависимость, имеющая колоколообразный вид с точкой экстремума и массово используемая из прагматических соображений простоты математического описания результатов агрохимических опытов, имеет свою давнюю историю, уходящую в учение физиократов. Она является математическим выражением «закона убывающего плодородия» Мальтуса, а более точно – по предложению Г.Д. Мухина (1981) – «закона убывающей отдачи Андерсона-Уэста»

$$dP/dX = -a * X \text{ или } P = C - a * X^2/2 \quad (3)$$

Пересечение параболы оси X и приобретение продуктивностью P отрицательных значений, лишает подобную зависимость физического смысла.

Э.А. Митчерлихом (1931) предложены 2 варианта зависимости продуктивности растений от содержания элементов питания в почве, основанные на представлениях о предельном (максимальном) значении продуктивности и экспериментальном факте угнетающего действия избытка агресурса:

$$dP/dX = a * (P_{max} - P) \text{ или } P = P_{max} [1 - b * \exp(-a * X)] \quad (4)$$

$$P = P_{max} (1 - \exp(-aX)) * \exp(-i * X) \quad (5)$$

где i – коэффициент повреждающего действия агресурса.

В настоящее время при моделировании продуктивности экосистем используются различные варианты «трофических функций» – зависимостей продуктивности от значения фактора (Смагин и др., 2001).

Эмпирические и теоретические исследования группы сотрудников лаборатории оценки земель Географического факультета МГУ, начатые по инициативе Кирилла Вячеславовича Зворыкина (Агроресурсы..., 1992), привели к разработке следующей нелинейной модели продуктивности, учитывающей ее зависимость как от значения фактора (X), так и от достигнутого уровня продуктивности (P , P_{max} при $X = X_{opt}$):

$$dP/dX = (a - i * X) * P/X \text{ или } P = c1 * (X - X_{opt})^a / [\exp(-kX) - c2] \quad (6)$$

Полученная зависимость справедлива, по мнению ее разработчиков, как для природных, так и для агроэкосистем. Справедливость подобной зависимости парадоксально проявилась в первый период реформирования сельского хозяйства Московской области в начале 90-х годов, когда после

прекращения внесения удобрений урожайность не только не снизилась, но первое время даже возросла. Кроме того, предложенное выражение имеет в первой четверти увеличивающуюся отдачу (производную), что радикально отличает его от параболической зависимости.

Проведенная к 2000 году кадастровая оценка земель исходила в целом из принципов, предложенных еще К.В. Зворыкиным (1985), и базировалась на рентном подходе, учитывающем не только продуктивность, но и технологические свойства земель и их географическое положение. Но фактические и расчетные материалы, положенные в ее основу, не отражали хозяйственных реалий уже на момент оценки и теперь, спустя десять лет, вызывают обоснованную критику. Так, данные по урожайности осреднялись за 30 летний период, разбивающийся на три этапа по интенсивности использования удобрений, средств защиты растений и, в целом, финансовых вложений в сельское хозяйство. Данные по материальным затратам производства и ценам на хозяйственную продукцию были отнесены к периоду хозяйственных преобразований, нестабильности цен.

Тем большую ценность приобретают выводы И.И. Карманова (1980, 1991), поэтапно обобщившего результаты сельскохозяйственного использования земель в относительно стабильных условиях социалистического сельского хозяйства. Им была выявлена не только дифференциация по продуктивности почв различных природных зон и их секторов по континентальности, но и показана существенная разница географии максимальной продуктивности и максимальной отзывчивости на увеличение интенсивности, что может быть описано производной от выражения (5). Дальнейшим развитием ПЭИ можно считать методы физического моделирования продуктивности на базе ГИС-технологий, включающие метеорологические параметры с суточным разрешением, с учетом физических свойств почв, уровня обеспеченности элементами питания, для конкретного сорта растений (Драгавцева, Савин, Овечкин, 2005).

Таким образом, продуктивность почв должна оцениваться не одной цифрой или набором баллов бонитета, а функцией продуктивности в зависимости от интенсивности сельскохозяйственного производства – «технологической функцией» или кривой производства. Функция должна удовлетворять следующим требованиям (Агроресурсы..., 1992): нелинейность; наличие максимума; наличие точек перегиба; асимметричность; наличие синергетического эффекта в субоптимальной области. Необходимо использовать опыт дореформенного (до 1991) сельского хозяйства. В 80-е годы во многом был достигнут, а в некоторых случаях превышен уровень интенсификации с/х производства, соответствующий максимуму продукции, что соответствует нулевой или отрицательной отдаче на дополнительные вложения. В настоящее время валовые сборы зерна и урожайность составляют приблизительно половину от достигнутого в 80-е годы. На кривой производства (6) это соответствует потенциальному максимуму отдачи на дополнительные вложения – максимуму прибыли.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроресурсы и производительность* сельского хозяйства Нечерноземья / Под ред. В.А. Углова. М.: Изд-во МГУ, 1992. 143 с.
2. *Булгаков Д.С.* Агроэкологическая оценка пахотных земель. М.: РАСХН, 2002. 251 с.
3. *Герасимов И.П.* Роль и место почвоведения в работах по учету и качественной оценке сельскохозяйственных земель // Учет и оценка сельскохозяйственных земель. М.: Изд. МГУ, 1963. С. 16–24.
4. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 270 с.
5. *Докучаев В.В.* К вопросу о переоценке земель. Европейской и Азиатской России. 1898. Избр. соч., т. П. М., ГИЗСХЛ, 1949.
6. *Драгавцева И.А, Савин И.Ю., Овечкин С.В.* Ресурсный потенциал земель Краснодарского края для возделывания плодовых культур. Краснодар, 2005. 136 с.
7. *Дьяконов К.Н.* Геофизика ландшафта. М.: Изд. МГУ. Ч. 1. 1988. 57 с. Ч.2. 1991. 95 с.
8. *Зворыкин К.В.* Сельскохозяйственная оценка земель. М.: Изд. МГУ, 1985. 57 с.
9. *Карманов И.И.* Плодородие почв СССР (природные закономерности и количественная оценка). М.: Колос, 1980. 223 с.
10. *Либих Ю.* Химия в приложении к земледелию и физиологии. М.-Л., 1936. 263 с.
11. *Митчерлих Э.А.* Определение потребности почвы в удобрении. М.-Л., 1931. 104 с.

12. Мухин Г.Д. Применение технологических функций при экономической оценке земель // Агрогеографические исследования в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: 1981. С. 26–38.

13. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Смагина М.В. и др. Моделирование динамики органического вещества почв. М. МГУ, 2001.

14. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.

УДК 631.45

ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

И.В. Грехова, В.К. Семенов

Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, gostok@evrika.e4u.ru

Высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при условии сохранения плодородия почв. В последнее время при современной системе ведения сельского хозяйства отмечается дегумификация почв, что является одной из острейших экологических проблем. В связи с этим особую актуальность приобретает комплексное обследование почв для разработки системы мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия.

Оценка изменения плодородия и уровня загрязнения чернозема проведена в ЗАО «Успенское» Тюменской области. Деятельность хозяйства имеет молочно-зерновое направление. Площадь пашни 7280 га, из них 3500 га – кормовые культуры, 3400 га – зерновые, 160 га – масличные. Чернозем выщелоченный занимает 18 % пашни. Почвенный анализ проведен на 5 полях осенью 2004 и 2008 годов. Возделывались на этих полях зерновые и кормовые культуры (табл. 1).

Таблица 1. Возделываемые культуры на черноземе выщелоченном.

№ поля	2004	2005	2006	2007	2008
1	ячмень	овес	пшеница	ячмень+ клевер	клевер 1 г.п.
2	пшеница	ячмень	горох	пшеница	пшеница
3	пшеница	кукуруза	пшеница	пшеница	горох
4	пшеница	пшеница	овес	одн. травы+клевер	клевер 1 г.п.
5	кукуруза	пшеница	ячмень+клевер	клевер 1 г.п.	клевер 2 г.п.

Содержание гумуса служит основным критерием почвенного плодородия. Наблюдается его снижение на трех полях на 7, 13 и 17 % (табл. 2). На данных полях в течение 5 лет вносилась только аммиачная селитра при посеве. Внесение навоза в 2004 году на поле № 5 в дозе 150 т/га позволило сохранить плодородие почвы. Повышение содержания гумуса отмечено на поле № 2 на 42 % при внесении навоза осенью 2006 года в дозе 80 т/га.

Таблица 2. Содержание гумуса и основных элементов питания в почве (0–30 см).

№ поля	Гумус, %		P ₂ O ₅ , мг/100 г		K ₂ O, мг/100 г		N–NO ₃ , мг/кг (0–40 см)	
	2004	2008	2004	2008	2004	2008	2004	2008
1	7.0	5.8	10.0	7.7	9.0	8.4	3.9	4.4
2	5.0	7.1	20.0	27.8	18.0	10.1	13.9	4.8
3	6.2	5.8	8.0	7.4	8.0	11.6	6.8	5.3
4	6.5	5.7	12.0	13.2	8.0	7.0	9.8	5.1
5	7.0	7.1	8.0	7.8	13.0	6.3	7.6	4.9

Существенное увеличение (на 39 %) содержания подвижного фосфора на втором поле связано с первым годом последствия навоза. Снижение содержания данного элемента на 23 % на первом поле обусловлено возделыванием четырех зерновых культур. Только на третьем поле отмечается повышение в содержании калия, на остальных полях – снижение. Это отличие видимо связано с возделыванием в течение трех лет пшеницы, которая требует меньшего количества калия для формирования урожая. Кроме того в баковую смесь при некорневой обработке было добавлено удобрение: на пшенице – Мастер, на горохе – Кристалон. По нитратному азоту различия между полями в 2008 году незначительные.

С течением времени рН_{сол.} почвы изменилась не существенно. Разница между полями в пределах 2 %.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в черноземе выщелоченном значительно ниже ПДК (табл. 3). Но по кадмию и кобальту выделяется третье поле. На этом поле по сравнению с другими полями в большем количестве применялись микроудобрения.

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в черноземе выщелоченном в слое 0–30 см, мг/кг (2008 г.)

№ поля	Zn	Cu	Cd	Co
1	0.58	0.06	0.04	0.05
2	0.67	0.10	0.04	0.06
3	0.66	0.11	0.06	0.10
4	0.83	0.06	0.04	0.05
5	0.75	0.09	0.04	0.05
ПДК	23.0	3.0	0.2	5.0

По результатам данного обследования в хозяйстве разработан ряд мер по сохранению плодородия почв, в т.ч. увеличен объем внесения органических удобрений.

УДК 631.47

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Р.В. Десяткин

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, rvdes@ibpc.ysn.ru

Территория Республики Саха (Якутия) простирается между 77° 00' и 55° 40' северной широты и 105° 30' и 162° 40' восточной долготы. Она раскинулась с севера на юг на 2000 км, а с запада на восток – на 2300 км. Площадь самого крупного субъекта России равна 3103.2 кв. км, которая составляет 2/3 площади Западной Европы и превышает площадь Франции в 6 раз, Англии – почти в 13 раз. Территория охватывает три часовых пояса и три широтных природно-климатические зоны: арктическую, тундровую и таежную. Сумма активных температур в зоне тундры менее 500 °С, в подзоне северной тайги – 800–1200 °С и на самых теплых местах Центральной и Южной Якутии доходит до 1400–1700 °С. Вся территория республики расположена в области широкого распространения многолетнемерзлых пород, на равнинах, занимающих по площади около 1/3 республики развит ледовый комплекс, содержащий подземные льды до 50–90 % объема комплекса.

В области многолетней мерзлоты все почвы относятся к классу мерзлотных, и характеризуются определенной глубиной протаивания в теплый период года (0.1–3.0 и более метров). В этих условиях почвообразовательный процесс в короткое время функционирует в самых верхних слоях сезоннопротаивающей толщи. Слабость микробиологических и биохимических процессов, связанные с недостатком тепла, местами и большим дефицитом влаги определяет формирование крайне бедных элементами питания грубогумусных типов почв. Вследствие близкого залегания водонепроницаемой мерзлоты почвы имеют небольшую водовмещающую емкость и невысокую величину буферности, легко иссушаются или перенасыщаются влагой, быстро меняют показатели физико-химических свойств и загрязняются. Поэтому почвы криолитозоны легко ранимы, мало устойчивы к антропогенному воздействию и обладают по сравнению с почвами внемерзлотной области низким естественным плодородием. Хотя многие почвы Якутии из-за суровых природно-климатических условий не обладают высокими показателями плодородия, их ценность заключается в обеспечении нормального функционирования наземных экосистем и сохранении животного и растительного мира северного края. Структура почвенного покрова республики приведена в табл. 1.

Не смотря на суровые природно-климатические условия почвенные ресурсы республики используются в сельскохозяйственном производстве. Здесь исторически сформировался самый северный очаг скотоводства на планете и более трех веков развивается земледелие.

Более 70 % земельного фонда республики находятся в холодных районах (тундра, лесотундра, и северная тайга) и заняты горами и по природным свойствам малодоступны для развития сельскохозяйственного производства. Площадь земель с.-х. назначения в республике в 1991 г. составляла 47.5059 млн. га (15.4 %), на 01.01.2004 г. – сократилась до 24.6253 млн. га (7.98 %). За отмеченный период произошла динамика структуры с/х угодий: площадь пашни сократилась от 140.4 до 99.3 тыс. га, сенокосов – от 852.6 до 472.8 тыс. га, пастбищ – от 827.5 до 291.9 тыс. га. В послед-

ние годы в категориях земель незначительные изменения произошли в землях сельскохозяйственного назначения и земель промышленности, транспорта, энергетики и иного специального назначения (табл. 2).

Таблица 1. Почвенный покров Якутии.

Почвы	Горы		Равнины	
	%	тыс. км ²	%	тыс. км ²
Мерзлотные тундровые	5	155.2	7	217.2
Мерзлотные северотаежные или криоземы	17	527.5	6	186.2
Мерзлотные палевые карбонатные	–	–	4	124.1
Мерзлотные таежные	–	–	10	310.3
Мерзлотные дерново-карбонатные	9	279.3	2	62.1
Мерзлотные подзолистые	2	62.1	1	31.0
Мерзлотные болотные	8	248.3	9	279.3
М. лугово-черноземные и черноземно-луговые	–	–	1	31.0
Мерзлотные пойменные	–	–	2	62.1
Курумники и гольцы	7	217.3	–	–
Мерзлотные подбуры	10	310.3	–	–
Итого	58	1799.9	42	1303.3

Таблица 2. Структура земельного фонда Республики Саха (Якутия) (тыс. га).

Категория земель	на 01.01.2004 г		на 01.01.2008 г		Изменение
	Площадь	%	Площадь	%	
Земли с-х. назначения	24625.3	8.0	24632.8	8.0	+2.7
Земли поселений	224.8	0.1	225.8	0.1	–0.3
Земли промышленности, транспорта и иного назначения	149.3	0.1	146.9	0.1	–0.1
Земли особо охраняемых территорий	2757.8	0.6	2757.8	0.6	0.0
Земли лесного фонда	249009.2	80.7	249010.6	80.7	+0.1
Земли водного фонда	2136.0	0.7	2136.0	0.7	0.0
Земли запаса	29449.9	9.5	29422.4	9.5	–2.4
Итого земель	308352.3	100.0	308352.3	100.0	0.0

Вся посевная площадь республики сосредоточена в центральных и юго-западных районах, которые представляют основную земледельческо-животноводческую зону Якутии. Площадь зоны составляет около 27 % всей территории, здесь проживает около 70 % всего населения Якутии и 78 % ее сельского населения. Особенностью земледельческой зоны Якутии является экстремальный резко континентальный климат. Континентальность климата проявляется здесь не только в рекордных амплитудах годовых температур (до 100 °С), но и в слабом обеспечении атмосферными осадками, по количеству которых (200–250 мм) Центральная Якутия приближается к степным и полупустынным районам. Хотя на период с температурой выше 0° приходится до 75 % годовых осадков, лето, особенно первая его половина, бывает засушливым. Поэтому главным фактором, лимитирующим развитие земледелия и луговодства в данном регионе, является дефицит влаги. В связи с этим применение здесь наиболее распространенного средства повышения урожайности сельскохозяйственных культур – удобрений малоэффективно, а в засушливые годы дает даже отрицательные результаты. Обилие солнца, длинный день, высокие среднесуточные температуры летних месяцев и громадные ресурсы пресных вод создают в Якутии благоприятные возможности для развития орошаемого земледелия. Между тем, до настоящего времени недостаточно изучены особенности орошаемого земледелия на мерзлотных почвах, не разработаны научно-обоснованные

сроки и нормы поливов в зависимости от особенностей культуры, сортовой агротехники, почвенных условий; нет практического опыта по возделыванию зерновых культур при орошении.

По агрохимическим и агрофизическим условиям пахотные угодья республики относятся к потенциально плодородным. Они расположены, главным образом, на мерзлотных палевых, мерзлотных дерново-карбонатных, мерзлотных лугово-черноземных, и отчасти на мерзлотных таежных и мерзлотных подзолистых почвах. Первые научно обоснованные рекомендации по освоению таежных участков Якутии под пашни были предложены В.Г.Зольниковым [1954], Д.И.Шашко [1961]. По заключению этих исследователей пашни следует располагать на ровных участках со спелым лесом на междуречьях и межлассных пространствах, оптимальный их размер 20–25 га при ширине их до 200–250 м, рекомендовалось между участками пашен оставлять полосу тайги примерно такой же ширины. Лесные полосы имеют не только ветрозащитное значение, но и дополнительно увлажняют пашни за счет поверхностного и внутрпочвенного стока вод, не используемых лесом.

Для раскорчевки леса под пашни особо опасными являются площади, занятые ледовым комплексом, широко распространенные в Центральной Якутии. Освоение участков с близким от поверхности почвы расположением подземных льдов приводит к появлению просадок поверхности почвы с образованием сети канав полигонами повторно-жильных льдов. Поэтому в первую очередь рекомендуется освоение участков, где подземные льды залегают на глубине 2.0 м и ниже. Освоение таких площадей до наступления глобальных изменений климата не требовало дополнительных противокриогенных мероприятий (планировка, отвод вод, подсыпка просадок и т.д.).

Специфика почвообразования (близкое залегание мерзлотного водоупора, отсутствие дренажа, господство выпотного типа водного режима, слабые темпы разложения органики и гумусообразования и т.д.) приводит к ухудшению свойств почв при их освоении. По данным агрохимической службы республики 35 % сельхозугодий – 518.1 тыс. га земель засолены, 70.8 % пашни – 85 тыс. га осолоцованы, 45.0 % пашни – 53.9 тыс. га засолены, в т.ч. 21.2 тыс. га в сильной степени. Динамика гумуса на пахотных землях отрицательная и составляет 30–40 % от исходного. По данным ботаников 40 % пастбищ – 226 тыс. га сильно сбиты.

Анализ метеорологических данных показывает, что глобальные изменения климата сказались и на территории Центральной Якутии. По данным станции Якутск в начале систематических наблюдений в 1840–1850 годы среднегодовая температура равнялась -11.2°C , которая в начале 21 века поднялась до -7.5 – 9.3°C . Рост годовых температур идет, главным образом, за счет повышения зимних температур. Одновременно наблюдается удлинение теплого периода года. Весна стала наступать на 10–15 дней раньше, а осень заканчивается позже на 15–20 дней, чем это было в середине прошлого столетия.

Исследования мерзлотоведов на пахотных землях Центральной Якутии в условиях глобальных изменений климата показали, что за весьма короткий срок (1992–2000 гг.) кровля многолетней мерзлоты с полигонально-жильными льдами может опускаться с 1.8 м до 3.6 м (Гаврильев, 2009). Дальнейшее повышение температуры и увлажненности территории криолитозоны будет сопровождаться интенсивным развитием термокарста, термоэрозии и других криогенных процессов, которые могут привести к изменениям макромасштабных гидрологических процессов: увеличение стока и «криогенные паводки» рек криолитозоны, развитие термокарстовых озер и заболачивание территории. На обширных территориях криолитозоны, подверженных этим деградиционным процессам, почвы будут полностью уничтожены, а почвенный покров потерпит кардинальную перестройку с временной утерей своего плодородия.

В то же время, потепление климата на территориях умеренной зоны Якутии без ледового комплекса приведет к улучшению теплообеспеченности почв и будет благоприятствовать увеличению мощности деятельного слоя, более интенсивному протеканию биохимических и микробиологических процессов, и в целом, будет иметь положительное влияние для повышения почвенного плодородия. Такие изменения почвенного плодородия в земледельческой зоне республики будут иметь доминирующее значение в хозяйственной деятельности человека в ближайшем будущем.

Одна из важнейших задач растениеводства – повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, оптимизация сроков посева и норм внесения удобрений. Исследуя растения в течение вегетационного периода, можно оценить потенциальную урожайность культуры по заложившимся элементам продуктивности. Исследования проводились в 2007 и 2009 годах на поле площадью 12 га Учебно-опытного хозяйства Брянской сельскохозяйственной академии, относящегося к типологической группе полей Брянского ополья. На поле развиты агросерые почвы, как правило, приуроченные к повышенным местам, и агросерые со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ), чаще всего расположенные в пределах западин. Компоненты почвенного покрова сильно дифференцированы по содержанию гумуса и влажности. Точки опробования равномерно располагались по полю на расстоянии примерно 35 м друг от друга и фиксировались с помощью *GPS*-навигатора *Garmin*. В каждой точке измерялась средняя высота растений, а в каждой восьмой масса побегов, длина метелки и количество колосков в соцветии. В общей сложности было обследовано более 400 растений. Их высота изменялась от 15–20 см до 60–65 см и коррелировала с рельефом и особенностями почвы. На пониженных элементах рельефа, где чаще встречались почвы с мощным гумусовым горизонтом (до 1–1.1 м) и с повышенным увлажнением растения были гораздо выше, темнее по окраске. На повышенных элементах рельефа, где располагались агросерые почвы с меньшим содержанием гумуса и менее увлажненные, растения были ниже и светлее. Количество колосков у них в среднем составляло 7–10, а у высоких растений достигало 70 штук в метелке. В результате исследований 2007 года показано, что высота и масса побегов овса коррелирует с количеством сформировавшихся колосков на цветоносе ($R^2=0.96$ и $R^2=0.93$, соответственно), т.е., чем выше и крупнее растение, тем больше зерен может на нем образоваться. Урожайность пониженных мест может быть существенно выше, чем урожайность повышенных. Июньские исследования 2009 года подтвердили выводы 2007 года.

В августе 2009 года растения измерялись перед уборкой урожая. За период июнь–август они выросли на 30–40 см. Количество вызревших зерен отличалось у низких и высоких растений в 3 раза от 17.5 ($S=5.06$) до 60.7 штук ($S=20.06$). Высота растений коррелировала с массой образовавшихся на них зерен. ($R^2=0.81$). Максимальный урожай был получен с растений высотой 45–50 см в июне и 90–100 см в августе. Эти растения имели самое большое количество заложившихся колосков и в итоге вызревших зерен. Более высокие растения дали меньший урожай из-за расходования органических питательных веществ на формирование дополнительной длины стебля

По полученным в июне 2007 и 2009 года данным построены карты высоты посевов. По ним видно, что состояние посевов овса неоднородно. На повышениях растения всегда в среднем ниже, чем в понижениях. Но на буграх встречались растения как высотой 50–55 см, так и 20–25 см. Растения разного роста и степени развития занимали рядом расположенные участки шириной в несколько метров и длиной в десятки метров. Такие различия нельзя объяснить различием в режиме увлажнения или мощностью гумусированного горизонта. Скорее всего, такие различия обусловлены неравномерностью внесения удобрений.

Полученные данные могут учитываться при предварительной оценке потенциальной продуктивности овса и позволяют вносить коррективы в норму внесения удобрений на стадии кушения.

Работа выполнена по гранту РФФИ №09-04-00336.

Агрегатная структура почвы – один из ее диагностических признаков. Морфологические свойства агрегатов зависят от типа почвы, генетических горизонтов: ореховатые встречаются только в серых лесных почвах, зернистые – в черноземах, столбчатые – в горизонте *B* солонцов (Карпачевский, 2005). Пахотные горизонты почв характеризуются комковатой структурой, причем независимо от типа почвы и природной зоны. Вероятно, существуют одинаковые механизмы перехода естественной агрегатной структуры в комковатую во всех пахотных почвах. Однако обратный механизм – восстановление естественной агрегатной структуры из комковатой, после прекращения распашки будет разным. Восстанавливается прежний агрегат или только отдельные его свойства, и за какое время? Представленная работа посвящена оценке свойств агрегатов в разновозрастных залежах, роли химических свойств в процессах восстановления.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Черноземы обыкновенные карбонатные тяжелосуглинистые на территории учебно-опытного хозяйства Южного Федерального Университета «Недвиговка», Ростовская область. Почвы этого участка были исключены из сельскохозяйственного оборота в разные годы, вследствие этого процесс остепнения оказался разновозрастным: разрез 1 – залежь 76 лет, разрез 2 – залежь 20 лет, разрез 3 – залежь 10 лет, разрез 4 – пашня. Черноземы выщелоченные Нижегородской области (залежи 10, 16 и 25 лет) и дерново-карбонатные почвы Пермского края (залежь 25 лет).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Механическая прочность была использована как оценка агрегатного состояния. Этот метод позволяет исследовать естественный агрегат без его предварительной обработки и с высокой повторностью (30–35). Прочность агрегата на раздавливание выражали в единицах силы (кГ), затраченной на раздавливание воздушно-сухого агрегата (Зубкова, Карпачевский, 2001). Полученные результаты обрабатывали в программе «Статистика» с получением значений среднего, медианы, квартилей, разбросов. Прочность агрегатов (*Pa_{gr}*) зависит от их размера, поэтому исследовали две агрономически ценные агрегатные фракции: с диаметром 2–3 мм и 3–5 мм. Содержание гумуса определяли по Тюрину, кислотность, состав обменных оснований по Пфедферу, водопрочность – по методу Андрианова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. *Влияние возраста залежи на Pa_{gr}*.

Можно представить следующую схему поведения агрегатов в слое 0–30 см.

Первые 10 лет нет изменений в поверхностном слое и нижнем. Они обнаружены только в среднем 10–20 см слое гумусового профиля, причем незначительные колебания: мелкие (диаметр 2–3 мм) становятся прочнее, а более крупные, 3–5 мм диаметром, напротив, слабее. Через 20 лет прочность агрегатов падает в среднем в 1.3–1.4 раза с тем, чтобы через 76 лет возрасти. Мелкие агрегаты упрочняются вдвое, а крупные – лишь на 20–30 % по сравнению с аналогами многолетней пашни. Причем, мелкие агрегаты постепенно увеличиваются в прочности в течение 76 лет, а крупные проходят несколько стадий: сначала разрушение или ослабление внутриагрегатных связей (за 20 лет), а потом – процесс упрочнения. Установлено, что поведение агрегатов в слое 0–10 и 10–20 см одинаковое. Т.е. процесс восстановления агрегатов охватывает весь пахотный слой.

Аналогичный механизм упрочнения агрегатов в залежах находит подтверждение и в черноземах выщелоченных Нижегородской области. Отмечается общая тенденция к снижению их механической прочности в дерновом горизонте залежей 10, 16 и 25 лет по сравнению с пахотным горизонтом. Причем, более резкие изменения в крупных агрегатах, их прочность может снижаться в 2–3 раза, в то время, как мелкая фракция – только на 40–50 %. Но уже через 25 лет замечен процесс упрочнения агрегатов. В дерново-карбонатных почвах Пермского края агрегаты ведут себя аналогично: в первые 25 лет залежи их прочность снижется.

Таким образом, на примере черноземов обыкновенных Ростовской области, черноземов выщелоченных Нижегородской и дерново-карбонатных Пермского края получаем одни и те же закономерности в изменении прочностных свойств агрегатов в залежах разного возраста. И это связано

с формированием дернового горизонта с характерными зернистыми агрегатами на месте пахотного горизонта.

Логичнее было бы предположить, что агрегаты после прекращения распашки начнут постепенно наращивать свою прочность, поскольку на целинных почвах, а также на участках, заросших лесом, агрегаты высокопрочные. Поэтому, независимо от того, зарастет ли пашня лесом или лугом, в итоге агрегаты будут прочнее, чем на пашне. Но, в самом деле, восстановление агрегатной структуры в залежах идет через разупрочнение! Имеют место два разнонаправленных этапа восстановления: первый – это разупрочнение или снижение прочности в 10–20-летних залежах. Причем, если мелкие агрегаты (с диаметром 2–3 мм) снижают прочность лишь на 20–50 %, то крупная фракция (3–5 мм) – в 3–4 раза. Второй этап – это постепенное наращивание механической прочности агрегатов, и уже в 60-летнем лесу или в 75-летней залежи прочность агрегатов возрастает в 1.5–2.0 раза относительно пашни.

Восстановление агрегатной структуры, нарушенной многолетней распашкой, происходит по-разному в агрегатных фракциях 2–3 мм и 3–5 мм. Во-первых, разная скорость упрочнения, во-вторых, разнонаправленность процессов во времени. Например, когда в мелких агрегатах не наблюдается изменений, в крупных фракциях происходит ослабление межагрегатных связей и снижение механической прочности. Такое разное поведение агрегатных фракций в залежных почвах может быть обусловлено различными связующими компонентами: органические соединения, карбонаты, фосфаты, обменные катионы и др. (Гумматов, Пачепский, 1991; Зубкова, Карпачевский, 2001).

Химические свойства черноземов обыкновенных и механическая прочность агрегатов. Вероятно, органические связующие укрепляют агрегаты: отмечается слабая тенденция увеличения прочности агрегатов с ростом гумуса, причем, только для крупной агрегатной фракции размером 3–5 мм ($R^2=0.20$). Однако существование одинаковых по прочностным свойствам агрегатов, но с разным содержанием гумуса в них (от 1.5 до 4.5 %) говорит о разном влиянии отдельных фракций органического вещества.

В мелких агрегатах (2–3 мм), «работают» другие связующие вещества. Связь с составом обменных оснований обнаружена только для агрегатной фракции размеров 2–3 мм. Так, с увеличением суммы обменных оснований прочность агрегатов падает. И это связано с тем, что в первую очередь кальций в диапазоне от 20 до 26 ммоль-экв/100 г почвы, главный составляющий обменных оснований, приводит к снижению прочности, по магнию (концентрация в диапазоне 0.8–4.3 ммоль экв на 100 г почвы) связей не обнаружено. Однако натрий увеличивает прочность агрегатов, хотя его доля в составе обменных оснований мала: менее 0.9 ммоль-экв/100 г почвы. Вероятно, поэтому влияние натрия не сказывается на прочности целого агрегата. Все эти закономерности выявлены для агрегатов 2–3 мм, для более крупных агрегатов связей с обменными катионами не обнаружено.

Итак, в черноземах обыкновенных вероятны следующие механизмы упрочнения агрегатов: увеличение общего содержания гумуса приводит к упрочнению более крупных агрегатов 3–5 мм и не сказывается на прочности агрегатов 2–3 мм. Связь с обменными катионами, напротив, проявляется в прочностных свойствах только агрегатов размером 2–3 мм. Их механическая прочность снижается с увеличением суммы обменных оснований, причем натрий в концентрации менее 0.9 ммоль экв на 100 г почвы приводит к упрочнению агрегатов, а кальций (20–27 ммоль экв на 100 г почвы) – к снижению, по магнию не обнаружено связей.

Водопрочность, механическая прочность агрегатов и химические свойства. Повышение механической прочности агрегатов – хорошо это или плохо для получения урожая? Обычно почвоведы используют водопрочность агрегатов, поскольку она определяет благоприятный водный и воздушный режим почв, предохраняет почву от ветровой и водной эрозии. Для исследованных агрегатов разного диаметра распределение данных в координатах «водопрочность–механическая прочность» имеет один и тот же характер (рисунок).

По соотношению механической прочности и водопрочности выделяются 2 группы агрегатов: агрегаты с высокой механической прочностью ($\text{Pa}_{\text{gr}} > 0.9 \text{ кГ с } d_{2-3} \text{ мм}$ и $\text{Pa}_{\text{gr}} > 1.4 \text{ кГ с } d_{3-5} \text{ мм}$) и высокой водопрочностью. Следовательно, высокая механическая прочность агрегатов говорит и об их высокой водопрочности.

Вторая группа – с низкой механической прочностью: около 0.6 кГ для агрегатов 2–3 мм и 1 кГ для агрегатов 3–5 мм. В этой группе встречаются агрегаты как водопрочные (80–100 %), так и

неводопрочные (30–50 %). И на это влияют другие свойства почвы, в частности, содержание гумуса.

Обращает внимание, что в агрегатах со 100 % водопрочностью содержание гумуса варьирует от минимального (2 %) до максимального (4.5 %). Т.е., общее содержание гумуса – это не единственный показатель, определяющий водопрочность.

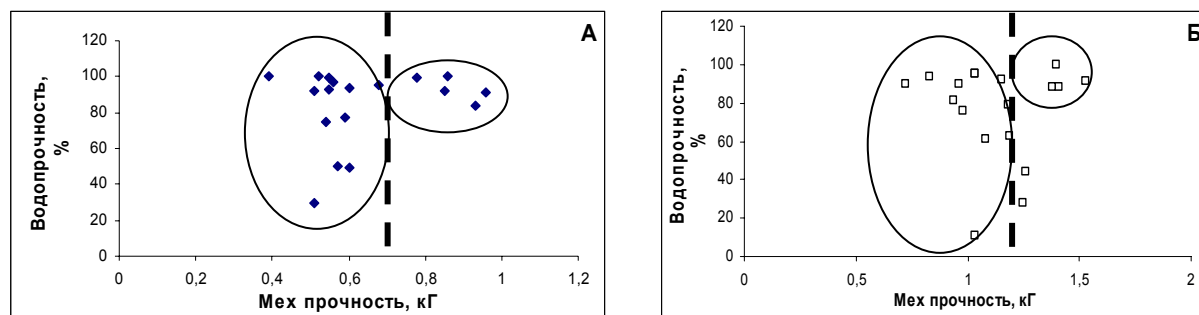


Рисунок. Зависимость водопрочности от механической прочности агрегатов с d 2–3 мм (А) и d 3–5 мм (Б).

ВЫВОДЫ

Формирование дернового горизонта в почвах залежей сопровождается изменением прочностных свойств агрегатов. Водопрочность уже в 10-летней залежи достигает 90–100 % по сравнению с 30–40 % на пашне. Механическая прочность агрегатов в течение 10–20 лет снижается с разной скоростью для мелких и крупных агрегатных фракций. Работает тезис: «упрочнение через разрушение», т.е. для восстановления исходной агрегатной структуры после прекращения распашки происходят процессы разрушения комковатых агрегатов, ослабление внутриведных связей, чтоб снова возродиться, но в ином порядке организации.

В упрочнении агрегатов разного диаметра участвуют различные связующие вещества почвы. Гумус – наиболее вероятное связующее для фракции более крупных агрегатов 3–5 мм и не сказывается на прочности мелких агрегатов. Это подтверждается данными по всем исследованным почвам, хотя и относится к агрегатам с содержанием Сорг 0.1–1.6 %. Более высокие концентрации Сорг (1.9–4.0 %) уже не сказывались на механической прочности агрегатов из черноземов выщелоченных. Связь с обменными катионами более вероятна в мелких агрегатах 2–3 мм и только для черноземов обыкновенных, в выщелоченных черноземах зависимостей не обнаружено.

Механизмы восстановления прочностных свойств агрегатов разные в зависимости от размеров агрегата и от гранулометрического состава почвы. Водопрочными агрегаты становятся уже через 10 лет залежи.

ЛИТЕРАТУРА

Гумматов Н.Г., Пачепский Я.А. Современные представления о структуре почв и структурообразовании. Механизмы и модели. Пушкино. 1991. 32 с.

Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.«Русаки», 2001. 296 с.

Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М. «ГЕОС». 2005. 336 с.

УДК 553.97:63&*631.615

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СИБИРИ

Л.И. Инишева¹, О.А. Голубина¹, Е.В. Порохина¹, М.В. Шурова², Л. Шайдак³

¹Томский государственный педагогический университет, inisheva@mail.ru

²Горно-Алтайский НИИ сельского хозяйства СО РАСХН

³НИИ экологии сельского и лесного хозяйства Польской АН

В ряде стран в настоящее время разрабатываются альтернативные системы земледелия, главный смысл которых состоит в резком ограничении или полном отказе от применения минеральных удобрений в земледелии. В этих условиях необходимо разработать новое поколение органических удобрений, которые бы не содержали загрязняющих веществ, обеспечивали бы растения питательными элементами, стимуляторами роста и целенаправленно регулировали органо-минеральный

баланс почв. Исходным сырьем для таких удобрений может служить агрохимическое сырье – торф, свойства которого во многом удовлетворяют вышеперечисленным требованиям. В настоящее время в пахотных почвах России согласно данным, приведенным Г.В. Добровольским, в пахотных почвах России ежегодно минерализуется 64 млн. тонн гумуса, а восполняется только 27, дефицит составляет 37 млн. тонн. Для повышения плодородия почв необходимо внести в почву при сложившейся структуре посевных площадей свыше 600 млн. тонн органических удобрений. Торфяные гранулированные удобрения – безальтернативное сырье для сохранения плодородия почв России.

Наши многолетние исследования показали, что торфа разного ботанического состава и разных территорий характеризуются широкими пределами содержания подвижных и легкогидролизуемых форм азота, зольных и микроэлементов. В условиях высокоминерализованных грунтовых вод возможно формирование особых высокозольных торфов – известковых, с содержанием СаО до 30 %. В низинных торфах накопления гидрогенного происхождения отмечаются и по фосфору (до 29 %). Это формирующиеся в торфе прослойки вивинита вторичного происхождения – фосфорнокислая соль железа $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$.

Исследования органического вещества торфов всего сибирского региона показали их широкое разнообразие по составу и свойствам гуминовых веществ и их биологической активности. Так, например, в экологически чистом регионе Республики Алтай, который является сельскохозяйственным регионом, только такие экологические удобрения могут быть применимы. Ибо только они обеспечивают снижение выноса элементов питания до 60–80 % и предотвращают загрязнение почв и окружающей среды. Их локальное внесение (в лунку, в прикорневую зону) повышает использование питательных элементов растениями до 90 %; поликомпонентность состава эграторудобрений позволяет получить сельскохозяйственную продукцию высокого качества, а адресность (состав под конкретную культуру) эграторудобрений существенно повышает их эффективность и снижает потери при латеральном выносе мигрирующим потоком осадков.

Наличие торфяных ресурсов в каждом регионе России предполагает создание промышленной индустрии органических и органо-минеральных удобрений нового поколения. Рыночный потенциал: страны Ближнего и Дальнего Зарубежья. Оценка рынка, объем платежеспособного спроса и его география: Западная и Восточная Сибирь – 100 тыс. т.; Корея – 500 тыс. т. Потенциальная емкость рынка препаратов на основе торфа, повышающих плодородие почв, только по Сибирскому федеральному округу составляет около 30 млрд. руб. Имеются хорошие перспективы их экспорта в СНГ, Китай, Средиземноморье, Персидский залив, Арабские страны, Северную Африку, Европейские страны.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№№ 09-05-00235) и федерального агентства по науке и инновациям (Госконтракт № 02.740.11.0325).

УДК631.452:631.445.8

К ВОПРОСУ ЭТАЛОНА ПОЧВ БЕЛАРУСИ

В.А. Калюк, Г.С. Цытрон, Т.Н. Азарёнок

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» Республика Беларусь, г. Минск,
soil@tut.by

В республике Беларусь в настоящее время проводится 5-й цикл землеоценочных работ (постановление Совета Министров РБ от 27.08. 2008 г. № 06/307-440). Основу этих работ составляет закрытая шкала оценочных баллов потенциального плодородия почв с системой поправочных коэффициентов на современное их состояние (эродированность, завалуненность, агрохимическую окультуренность и т.д.).

Эталонном почв республики, оцениваемым в 100 баллов, при всех турах землеоценочных работ являлись автоморфные дерново-карбонатные легкосуглинистые почвы, имеющие оптимальное агроэкологическое состояние. Однако результаты многочисленных исследований, проведенных на территории Беларуси на дерново-подзолистых почвах, показали, что плодородие почв во многом определяется генезисом почвообразующих пород [1–3]. Поэтому мы попытались установить степень влияния генезиса карбонатных почвообразующих пород на производительную способность дерново-карбонатных почв и определить настоящий эталон почв Беларуси.

В качестве объекта исследований послужили автоморфные дерново-карбонатные легкосуглинистые почвы, сформировавшиеся на мелах, доломитах, карбонатной морене, древнеаллювиальных омергелеванных отложениях, длительное время находившиеся в одних условиях агротехнологического воздействия и используемые в сельскохозяйственном производстве в качестве пахотных земель. Согласно новой классификации почв Беларуси [4] эти почвы выделены на уровне самостоятельного типа с приставкой «агро» – агродерново-карбонатные почвы. В зависимости от характера выщелоченности почвенного профиля на подтиповом уровне выделены типичные, вскипающие от соляной кислоты (HCl) с поверхности или в агрогумусовом (пахотном) горизонте и выщелоченные почвы, которые проявляют признаки вскипания от HCl в пределах 30–80 см толщи. Уровень рода определяет генезис почвообразующих пород и их строение, уровень вида – наличие признаков кратковременного избыточного увлажнения и глубина их проявления: поверхностно-оглеенные (<0.5 м), контактно-оглеенные (0.5–1.0 м) и глубокооглеенные (> 1.0 м) агродерново-карбонатные типичные и выщелоченные почвы, а также мощность органо-аккумулятивного горизонта.

Основные массивы исследуемых почв сконцентрированы в пределах западной, восточной и отдельных мест северо-западной и южной частей республики.

Исследования позволили установить, корреляционную зависимость между урожайностью зерновых культур в производственных посевах и валовым содержанием кремния, магния и кальция: средняя отрицательная с кальцием ($r=-0.38$), слабая с магнием ($r=-0.31$), средняя положительная с содержанием SiO_2 ($r=0.40$) (рисунок 1). Положительная корреляционная связь установлена с содержанием активной влаги: значительная в слое 0–50 см ($r=0.62$) и тесная в метровой толще ($r=0.73$) (рисунок 2); значительная с мощностью органо-аккумулятивного горизонта ($r=0.60$) (рисунок 3). А поскольку вышеуказанные свойства (характер выщелоченности профиля, наличие признаков кратковременного избыточного переувлажнения и мощность органо-аккумулятивного горизонта) являются определяющими при установлении подтиповой и видовой принадлежности исследуемых почв, то следует отметить, что на производительную способность почв больше оказывают влияние подтиповые и видовые уровни их классификации, чем родовые (генезис почвообразующих пород) [5].

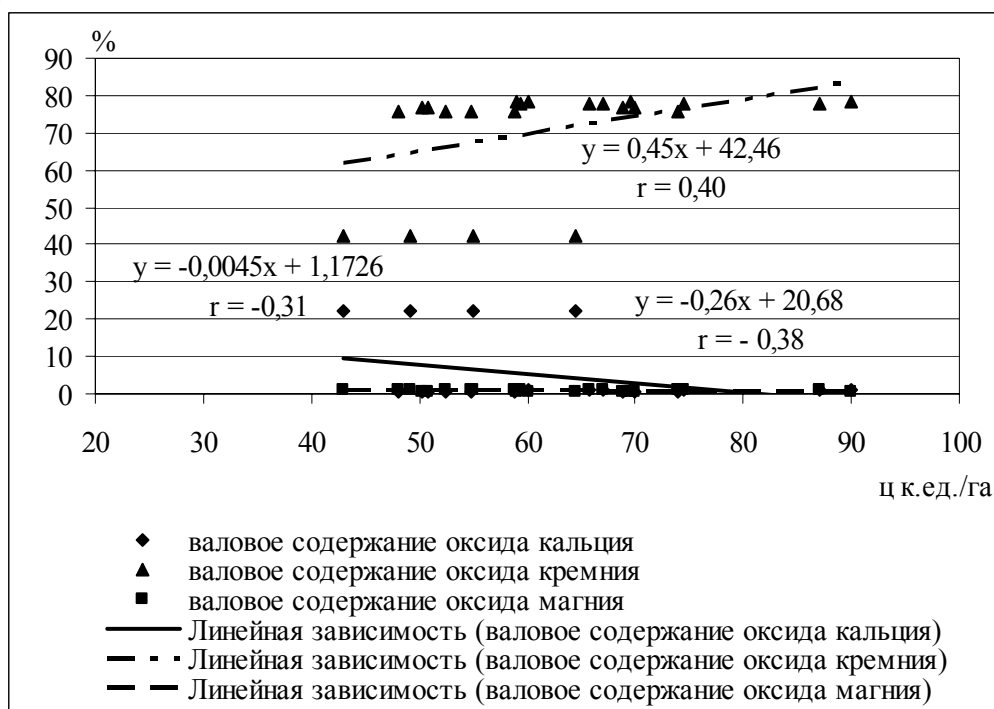


Рисунок 1. Зависимость производительной способности агродерново-карбонатных почв от валового содержания в них кальция, магния и кремния.

А поскольку установление балльной оценки плодородия почв основывается на свойствах почв коррелирующих с урожайностью возделываемых культур, то, исходя из вышеизложенного, оцениваемые ранее в 100 баллов все агродерново-карбонатные легкосуглинистого гранулометри-

ческого состава почвы, дифференцированы по баллам на три группы: выщелоченные оглеенные – 100, выщелоченные без признаков оглеения – 83 и типичные – 75 [6, 7].

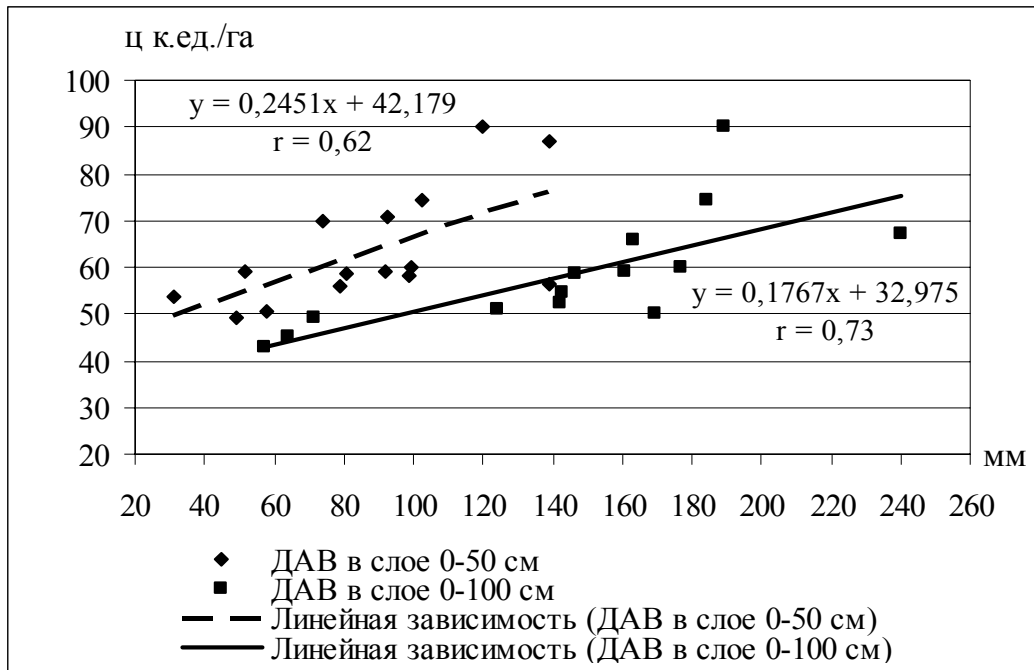


Рисунок 2. Зависимость урожайности зерновых культур от диапазона активной влаги в слое 0–50 см и 0–100 см агродерново-карбонатных почв.

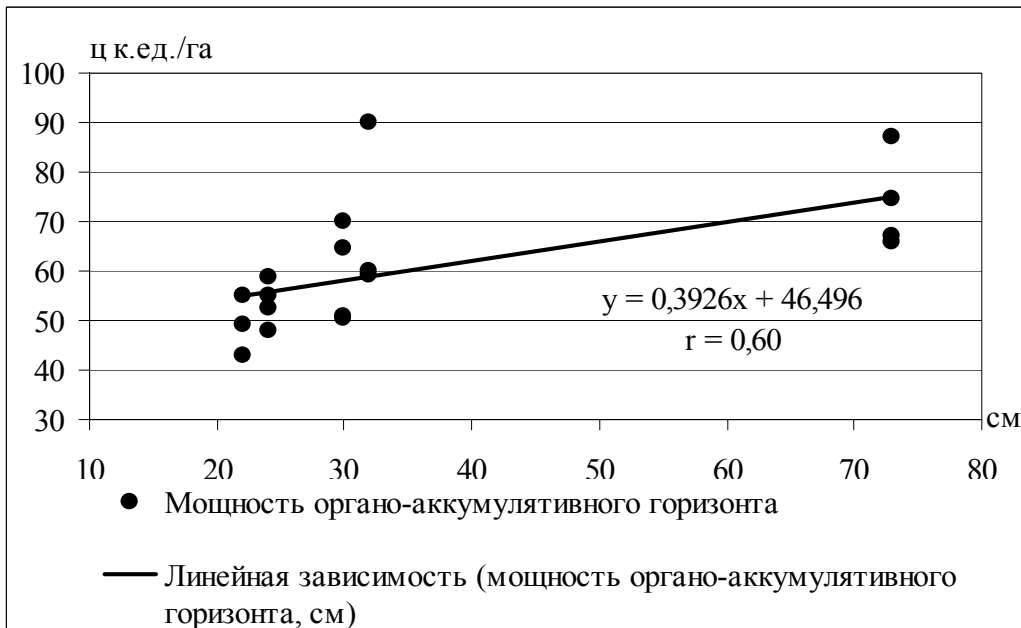


Рисунок 3. Зависимость производительной способности агродерново-карбонатных почв от мощности органо-аккумулятивного горизонта.

Таким образом, эталоном почв Беларуси следует считать не все автоморфные агродерново-карбонатные легкосуглинистые почвы, а только выщелоченные оглеенные (с признаками кратковременного избыточного увлажнения с поверхности, на контакте или внизу), с мощным (> 30 см) органо-аккумулятивным горизонтом, и только они могут оцениваться в 100 баллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смеян Н.И.* Влияние генезиса и гранулометрического состава суглинистых почвообразующих пород на урожайность ячменя / Н.И. Смеян, В.М. Терещенко, О.С. Гаргарина // Почва – удобрение – плодородие. Минск, 1999. С. 56.
2. *Голушкова И.К.* Зависимость урожайности ячменя и овса от генезиса песчаных почвообразующих пород дерново-подзолистых почв: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / И.К. Голушкова; НИИ РУП Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск, 2001. 21 с.
3. *Шибут Л.И.* Сравнительная оценка агродерново-подзолистых почв различного генезиса / Л.И. Шибут, Е.В. Цытрон // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26–30 июля., 2010 г. / редкол. В.В. Лапа [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. Ч.1. С. 210–212.
4. *Смеян Н.И.* Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон. Минск, РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2007. 219 с.
5. *Смеян Н.И.* Производительная способность дерново-карбонатных почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон, В.А. Калюк // Почвоведение и агрохимия. 2007. № 1 (38). С. 30–37.
6. *Цытрон Г.С.* К вопросу о качественной оценке дерново-карбонатных легкосуглинистых почв / Г.С. Цытрон, В.А. Калюк // Земля Беларуси. 2008. № 3. С. 42–45.
7. *Калюк В.А.* Производительная способность агродерново-карбонатных почв, сформировавшихся на различных по генезису почвообразующих породах: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / В.А. Калюк; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Минск, 2008. 22 с.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ТИПА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОСТАГРОГЕННОЙ СТАДИИ НА СВОЙСТВА ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ

И.О. Кечайкина

Санкт-Петербургский государственный университет, irina_kechaykina@mail.ru

По данным Государственного доклада (Государственный доклад..., 2006) за последние 15–20 лет в Российской Федерации в связи с изменениями в экономической политике в постагрогенную стадию перешло около 10 % пахотных земель. На огромной территории изменились направления потоков биогенных элементов (в том числе и углерода) и пути трансформации органического вещества в экосистемах. Эволюция постагрогенных почв направлена, как правило, в сторону сбалансированной нормы естественных почв, соответствующей биоклиматическим условиям занимаемой территории. Поэтому изучение направленности и скорости изменения некоторых почвенных свойств (морфологических характеристик, содержания углерода, запасов органического вещества и др.) весьма актуально.

Поставленная задача решалась нами в двух направлениях:

1. Изучение влияния длительности постагрогенной стадии на степень развития процессов трансформации гумусово-аккумулятивного профиля почв на примере хронологического ряда агродерново-подзолистых почв 15-, 60-, 90-летнего возраста, расположенных в урочище Горушка Новгородской области.
2. Исследование ряда почвенных показателей в залежах одного возраста, но находящихся под различными растительными сообществами, формирующимися в ходе восстановления зонального типа растительного покрова. Были изучены парные объекты (агродерново-подзолистые почвы, агроземы светлые, агроземы текстурно-дифференцированные), находящиеся в непосредственной близости друг от друга - один объект под травянистой растительностью, второй – приурочен к ареалу зарастания древесной растительностью возрастом 2–25 лет).

Морфологические свойства почв являются результатом комплексного воздействия факторов, поэтому разделить влияние возраста залежи и растительной ассоциации весьма проблематично. Однако увеличение возраста залежи обычно сопровождается сменой растительного покрова.

Постепенная смена сукцессионных стадий растительности от разнотравно-луговой, затем закустаривания и вплоть до зонального типа растительности, представленного еловым лесом с развитым листовым подлеском и травяным ярусом приводит к доминированию исходного зонального почвообразовательного процесса. Переход почвы в естественное состояние сопровождается дегра-

дацией бывшего пахотного горизонта и его дифференциацией на подстилку, серогумусовый и гумусо-элювиальный горизонты.

В залежных почвах, подверженных зарастанию древесной растительностью, в верхней части бывшего пахотного горизонта обособляется самостоятельный подстильно-торфяной горизонт, отличающийся от нижележащей толщи по ряду морфологических признаков и количественному содержанию органического вещества. Под подстильно-торфяным горизонтом в пределах бывшего пахотного горизонта появляются признаки элювирования в виде осветления и появления обильной кремнеземистой присыпки.

Под воздействием корневых систем травянистых растений (луговой растительности) в залежных почвах формируется более гумусированный и хорошо оструктуренный гумусово-аккумулятивный горизонт; в верхней части может формироваться дернина.

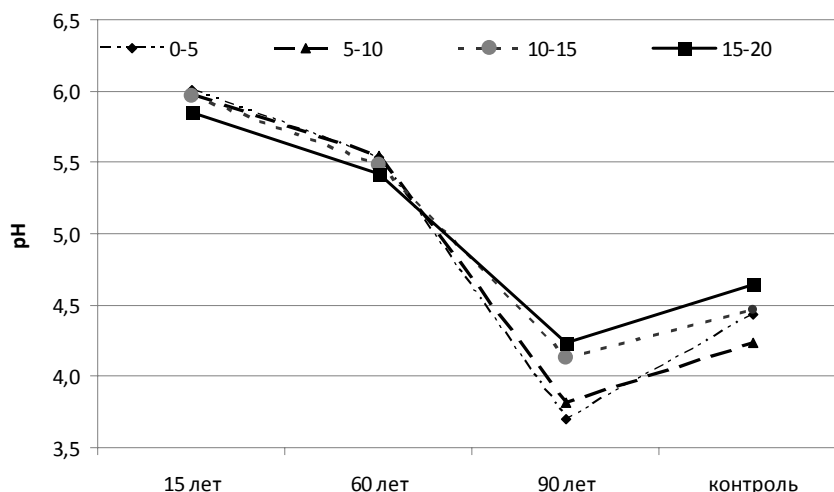


Рисунок 1. Послойное изменение pH в профиле почв (бывший пахотный горизонт) в зависимости от возраста залежи.

Исследования актуальной кислотности (рис. 1) показали, что хроноряд ряд залежные почв укладывается в диапазон кислотности от слабокислой реакции среды (залежь 15 лет) до кислой реакции (залежь 90 лет и контрольный вариант). Причем наблюдается явная тенденция подкисления, связанная, прежде всего, с изменением типа растительности, способствующего более активному кислотообразованию при разложении подстилки. Так, гумусо-аккумулятивная (0–20 см) часть профиля 15-летней постагрогенной почвы характеризуется значениями pH 6.01–5.85, в залежи 60 лет показатель несколько снижается до 5.54–5.42, минимальные значения соответствуют 90-летней залежи – 3.70–4.23.

Дополнительную информацию о влиянии типа растительности на реакцию среды постагрогенных почв дало исследование парных разрезов под разными типами растительности. На рис. 2 показано, что самые низкие значения pH приурочены к верхней части почвенного профиля с хорошо выраженной подстилкой, который формируется под куртинами елей. Чем дольше почва испытывает воздействие кислого опада (т.е. больший возраст елей мы наблюдаем), тем ниже значения pH. По мере зарастания по реакции среды почвенный профиль приближается к своему зональному облику. В почвах под травянистой растительностью значения pH выровнены по всему почвенному профилю.

В этом случае интересно проследить, как влияет возраст древесной растительности на скорость и характер изменения реакции среды по 5 см. почвенным слоям в пределах бывшего пахотного горизонта (рис. 2). Наиболее существенные колебания в значения pH наблюдаются в верхнем 5-сантиметровом почвенном слое, что обусловлено прямым воздействием поступающих кислых водорастворимых продуктов трансформации исходно кислого хвойного опада. С глубиной диапазон изменения pH в зависимости от возраста древесной хвойной растительности сужается. Также отмечается, что значительные колебания величины pH или активное подкисление проявляются в почвенном профиле, формирующемся под хвойной растительностью возрастом не менее 15–20 лет.

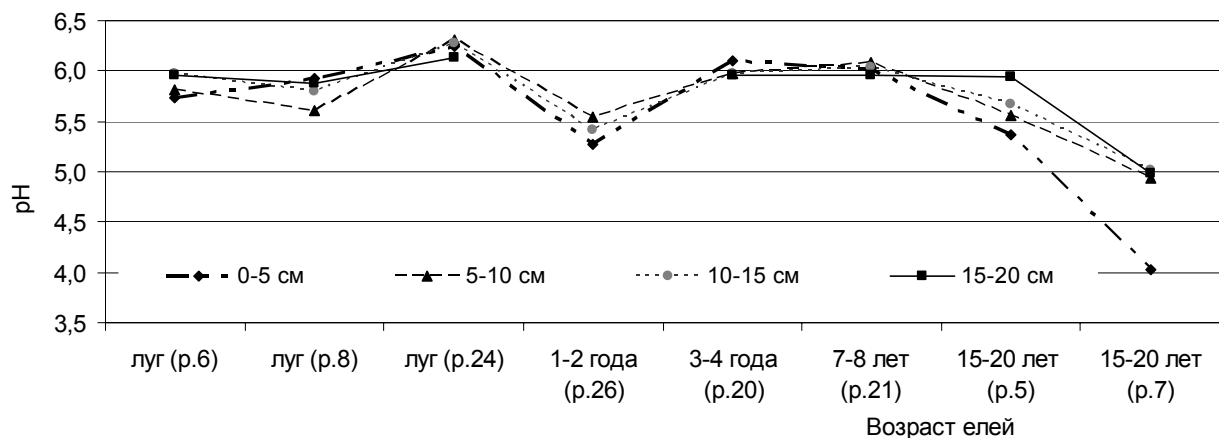


Рисунок 2. Послойное изменение pH в профиле почв (бывший пахотный горизонт) в зависимости от типа растительности и возраста древостоя.

По мере увеличения срока залежности мы наблюдаем тенденцию к уменьшению содержания углерода с глубиной на фоне повышения абсолютных значений показателей в верхней части профиля (рис. 3). Так в залежи 15 лет в верхнем горизонте содержится 2.8 % углерода в слое 0–5 см и уменьшается к слою 15–20 см до 1.3 %, т.е. перепад величины не превышает 1.5 %. В более старом варианте постагрогенной почвы (90 лет) концентрация углерода в верхнем слое может достигать 4.4 %, на глубине 15–20 см эти значения не превышают 1.4 % (перепад составляет 3–4 %). Следовательно, скорость изменения показателя высока лишь в верхней части почвенного профиля, тогда как в нижней части свойства бывшего пахотного горизонта несколько более устойчивы. Форма профильной кривой накопления органического вещества изменяется в хронологическом ряду почв: в ряду залежей 15 лет – 90 лет – контрольный вариант форма кривой меняется от постепенно убывающей до резкоубывающей.

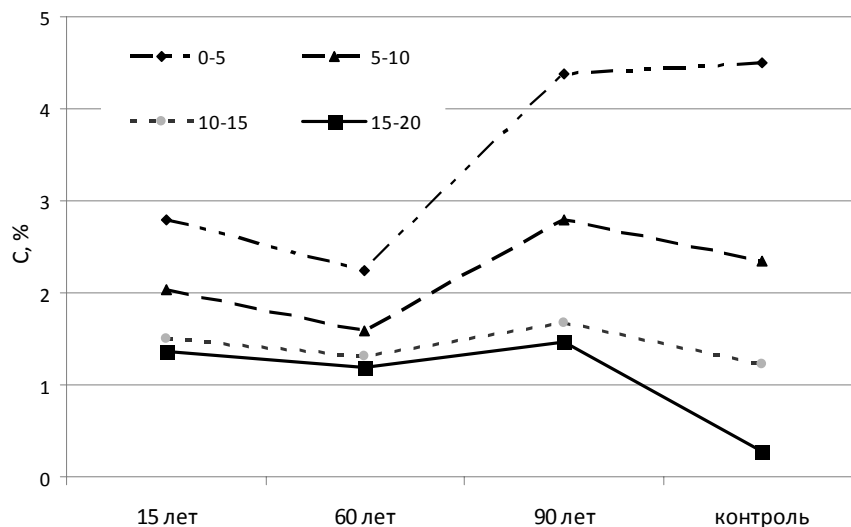


Рисунок 3. Изменение послойного содержания углерода в хронологическом ряду почв.

Анализируя данные по содержанию углерода в залежных почвах, формирующихся под разными типами растительности (рис. 4), мы отмечаем существенное уменьшение содержания углерода с глубиной во всех изученных разрезах, которое можно охарактеризовать как экспоненциальное. На данном этапе развития залежных почв (одинакового возраста) несколько более высокое содержание гумуса приурочено к почвам, развивающимся под луговой растительностью. Молодая древесная растительность (до 10-15 лет) в виде отдельных достаточно плотных куртин зарастания, с сильно изреженным травянистым ярусом, оказывает не очень значительное влияние на изменение содержания углерода в почвенном профиле. В отсутствие опада травянистой растительности богатого зольными элементами и азотом, процесс накопления органического вещества в бывшем пахотном горизонте существенно замедлен по сравнению с почвами под травянистой растительностью.

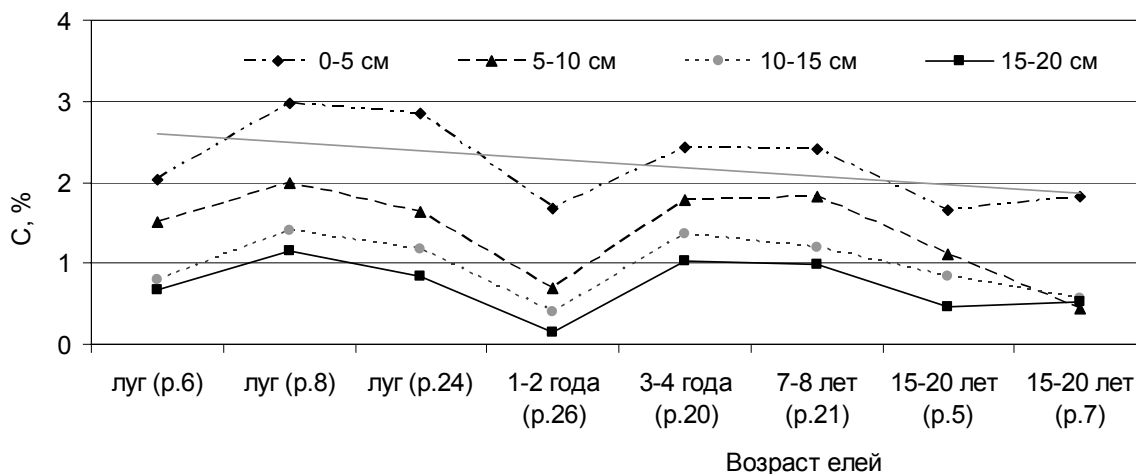


Рисунок 4. Изменение содержания органических соединений углерода в профиле почв с глубиной.

Дополнительная информация была получена при определении запасов углерода в пределах 20-ти сантиметрового гумусо-аккумулятивного профиля почв. В хронологическом ряду постагрогенных почв наблюдается увеличение запасов углерода в ряду от 15 летней залежи (47 т/га) к 90-летней (54 т/га), причем, обусловлено оно возрастанием содержания углерода в верхних 10 см за счет более активного поступления органического вещества. В данном случае возраст залежи оказывает большее влияние на аккумулятивные процессы, чем тип растительного сообщества. По абсолютным значениям запасы органического вещества в старой залежи превышают контрольный вариант (54 и 45 т/га, соответственно). Максимальные запасы органического вещества для залежных почв одного возраста (20 лет) приурочены к травянистым сообществам и составляют в среднем 38.4 т/га, тогда как под куртинами елей запасы органического вещества составляют 29.6 т/га.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-04-01247-а.

УДК 631.417

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ РОССИИ (ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ)

Б.М. Когут

Почвенный институт им.В.В.Докучаева, Москва, kogutb@mail.ru

Гумус является одним из важнейших показателей, характеризующих генезис и плодородие почв.

В Glossary of Soil Science Terms (from the Soil Science Society of America) дано следующее определение: гумус – это более или менее стабильная фракция почвенного органического вещества, остающаяся после того, как главная часть попавших в почву растительных или животных остатков разложилась.

Одним из самых очевидных «признаков жизни» (Orr, 1992; Keeling, 2008) – показателей жизнедеятельности экосистемы – являются колебания в запасах органического углерода, которые отражают количество сохраняемой солнечной энергии. Та экосистема, которая «набирает» углерод – это живая, развивающаяся экосистема; та, что теряет его – утрачивает и жизненные силы (Janzen, 2005).

Приведены шкалы гумусированности почв по Орлову, Гришиной (1978), Орлову, Бирюковой, Розановой (2004), оцениваемые как абсолютные, и отражающие генетическую принадлежность почв.

В отличие от абсолютной оценки степени гумусированности почв, предложена относительная оценка, основанная на значениях минимального содержания гумуса, характерного для конкретного типа (подтипа) почвы и учитывающая гранулометрический состав таксона.

В соответствии с Кёршенсом (1992) содержание органического углерода почвы состоит из инертного, практически не участвующего в процессах превращения, и трансформируемого органи-

ческого углерода. Инертная фракция в основном зависит от условий местообитания (содержание ила и мелкой пыли), а разлагаемая, которая легко трансформируется в почвах, от условий хозяйствования. Содержание инертного гумуса близко понятию минимального, которое можно определить в удобренных почвах с высоким насыщением пропашными культурами или наиболее правильно в условиях бесменного чистого парования.

Приведена шкала градации пахотных почв России по степени гумусированности пахотного слоя, состоящая из четырех классов: меньше минимального, слабогумусированные, среднегумусированные, сильногумусированные («Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, 2003»; Когут, Шишов, 2005). Размер ширины классов в данной шкале основан на величинах межлабораторных абсолютных допустимых расхождений согласно Фриду, Большакову (1988).

Представлены предварительные градации по минимально допустимым, оптимальным и максимально допустимым значениям содержания гумуса для основных типов пахотных почв Европейской территории России.

Величины оптимальных уровней содержания гумуса состояли из верхнего значения минимально допустимого содержания гумуса, к которому добавлялось оптимальное количество легко разлагаемого органического вещества согласно Кёршенсу, Шульц (2005), скорректированное с учетом более широкого набора почв России по сравнению с таковым Германии, и диапазона величин межлабораторных абсолютных допустимых расхождений. Максимально допустимые значения содержания гумуса соответствовали величинам максимальных или сильногумусированных уровней содержания гумуса (Когут, 1996; Когут, Шишов, 2005).

УДК 632.51:519.2

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ СЕМЯН СОРНЯКОВ В ПОЧВЕ, ПРОШЕДШЕЙ СТАДИЮ ЗАЛЕЖИ

М.И. Кондрашкина

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, кафедра общего земледелия, kondra_mar@mail.ru

При сельскохозяйственном использовании почв, происходит ежегодное пополнение почвенного банка семян (ПБС) сорных растений. Главный источник этого – вегетирующие сорняки агроценоза. Кроме того, свой вклад вносят и применение органических удобрений, и посев недостаточно очищенным семенным материалом. В пахотном слое почвы может находиться 10^6 – 10^9 шт. семян/га. При проведении ежегодных обработок почвы в системе севооборота семена могут циркулировать в пахотном слое. Прорастание семян чаще всего происходит с поверхности и из верхнего слоя пахотной почвы, но при залегании их не глубже 5–6 см. Семена малолетних сорняков, находившиеся в нижней части пахотного слоя, при попадании их в верхнюю часть прорастают весьма активно. Наличие у семян таких свойств, как гетероспермия, плотная кожистая оболочка, неодновременность прорастания, повышенная семенная продуктивность, а самое главное – длительное сохранение жизнеспособности – помогает их накоплению в обрабатываемых почвах.

Способность семян сорняков длительное время сохранять жизнеспособность в почве способствует накоплению семенных зачатков в почве. При неблагоприятных условиях, без обработки почвы, семена прорастают в меньшем количестве. В этом случае приток семян в ПБС уменьшается. При изменении условий среды на благоприятные – возобновление обработки почвы, семена прорастают активно. Причем задействуются ресурсы не только тех семян, которые пополнили ПБС в период залежи, но и тех, которые попали в почву раньше.

Изучение запаса семян сорняков в агроценозе может позволить прогнозировать засоренность посевов при возобновлении обработки залежей.

Работы по изучению видового состава и банку семян сорняков проводились на территории УОПЭЦ Чашниково на одном из полей севооборота. Видовой состав и численность сорняков определялось маршрутным методом при помощи учетных рамок 50*50 см. В 1995 г. было обследовано 90 точек, в 2008 – 58 точек. Для изучения запаса семян сорняков образцы почвы отбирались буром с глубины 0–20 см.

С 1995 по 2001 год на поле возделывались пропашные культуры и травы. В 2001 г. были посеяны вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав – тимофеевки, овсяницы и клевера красного.

После длительного перерыва обработка была проведена в 2008 году. Вслед за весенней обработкой почвы посеян овес в смеси с ежой сборной

Исследования показали, что несмотря на достаточно длительный период отсутствия обработки почвы, в нашем случае это 6 лет, в почвенном банке семена малолетних сорняков по численности занимают лидирующее положение. Семян растений-апофитов, которые попадают в почву в период залежи, обнаруживается ничтожное количество. При последующей обработке почвы их вклад в засоренность посевов будет ничтожен. После первой постзалежной обработки почвы число растений малолетних видов невелико. Однако, обработка почвы спровоцировала увеличение численности в постзалежном агроценозе корнеотпрысковых (осот полевой и бодяк полевой) и корневищных (пырей ползучий) видов.

При дальнейшем сельскохозяйственном использовании угодья необходимо учитывать потенциальную возможность дальнейшего развития сорняков из постоянно пополняющегося почвенного банка семян.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 09-04-00336.

УДК 631.445.4:63:631.95

СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧЗ ОТ В.В. ДОКУЧАЕВА ДО НАШИХ ДНЕЙ

Н.Д. Коновалов, С.Н. Коновалов

ГНУ Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, tniish@mail.ru

В журнале Вестник РАСХН (2007, № 1, с.3–6) академик Г.А.Романенко пишет о проводимой разработке технологий нового поколения: ресурсосберегающих, экологически безопасных, экономически оправданных. Состояние плодородия почвы больше всего зависит от наличия гумуса в различных ее слоях, особенно в слое наибольшей доли размещения корней. По мнению академика А.А.Жученко, само содержание гумуса в почве – важнейший интегральный показатель уровня плодородия почв, который составляет 80–90 % органической массы почвы.

Академик В.А.Ковда в книге, посвященной столетию со времени ухода из жизни В.В.Докучаева, рассуждая о прошлом и будущем чернозема, писал, что будущее земледелия заключается не в отказе от индустриальной техники и агроприемов, а в глубокой разумной биологизации земледелия, биологизации самих индустриальных приемов, в максимальном и точном обращении с почвой и растением.

По мнению И.А.Крупенникова, изложенному на страницах данной книги: «Сила и беззащитность – вот такое единство противоположностей заключено в черноземе». Это свойство характерно и для черноземов Тамбовской области. В годы его обследования экспедицией В.В.Докучаева сохраняли высокое естественное плодородие. Согласно отчета Императорскому вольному экономическому обществу большая часть черноземов южной части области в пахотном слое содержала от 10 до 12 % гумуса. Несколько меньше его содержалось в черноземе северной части. Следовательно, по современной классификации, черноземы Тамбовской области, а они занимают более 95 % площади пашни, могли относиться к высокоплодородным и обеспечивать высокую урожайность высеваемых культур при условии достаточного наличия в почве других факторов, определяющих величину урожайности.

В связи с тем, что в годы XIX и первой половины XX века, по ряду причин, на большую часть пашни органические и минеральные удобрения не вносили или вносили в меньших дозах, чем было необходимо даже для сохранения факторов плодородия на уровне, созданном природой. В результате происходило систематическое истощение плодородия пашни. Степень, темпы истощения, годы массового обследования, руководители экспедиций, годы и литературный источник публикаций, показаны в табл. 1.

Но и до этих публикаций проявлялась глубокая озабоченность о восполнении органического вещества В.В.Докучаевым, П.А.Костычевым в связи с его систематическим уменьшением содержания в черноземах России. Данные табл. 1 достаточно ярко подтверждают правомерность такой озабоченности.

Таблица 1. Показатели содержания гумуса в пашне Тамбовской области и (слой почвы 0–30 см) по результатам обследований.

Почва, чернозем	Авторы публикации и год издания			Изменение к данным Докучаева		% изменений к первоначальному		% абсолютного ср. годового уменьшения по Адерихину
	Докучаев, 1883	Адерихин, 1974	Юмашев 2004	по Адерихину	по Юмашеву	по Адерихину	по Юмашеву	
выщелоченный	8.5	5.5	6.2	-3.0	-2.3	35.5	27.1	0.39
типичный	11.5	6.8	6.9	-4.7	-4.6	41.0	40.0	0.46

По этой проблеме В.В.Докучаев является основателем периодического детального обследования пашни и других сельхозугодий Тамбовской области. Показанные им данные о содержании гумуса в черноземах области могут и стали точкой отсчета изменений содержания в них гумуса. Но следующие обследования, по инициативе профессора Воронежского университета П.Г.Адерихина, сельхозугодий нашей области проводились через 90 лет. Полученные результаты по содержанию гумуса в пахотном слое почвы показаны в табл.1.

После публикаций данных экспедиции Адерихина (1974 г.) изменилась в лучшую сторону агротехника в земледелии. К 1990 году внесение навоза достигло 4 т/га пашни, а действующих веществ НРК минеральных удобрений – 108 кг/га. Это сказалось и на содержании гумуса в почве, что подтверждают данные обследований, проведенных Центром агрохимслужбы «Тамбовский», результаты которых опубликованы в 2004 году Юмашевым. Согласно этим данным, при таком внесении из расчета на гектар пашни, существенно снизилась разница содержания гумуса в черноземах области по отношению к его содержанию, установленному В.В.Докучаевым к 1883 году, в сравнении с установленной Адерихиным к 1974 году.

В связи с опубликованными результатами исследований П.Г.Адерихиным в Тамбовском НИИСХ проводились опыты по установлению возможности достижения стабильного содержания в почве гумуса (Макаров Р.Ф.), которыми определена необходимость ежегодного внесения полуперепревшего навоза не менее 8 т/га. Ежегодная потребность области в таком навозе составит 15–20 млн.т. Проведенные в течение пяти лет Тамбовским НИИСХ производственные опыты (Коновалов Н.Д.) показали, что к 1980 году такой возможностью сельское хозяйство области располагало, но использовало далеко не полностью, объясняя большими затратами на его производство и внесение. По этой причине возникла необходимость исследовать возможность использования побочной продукции урожая в качестве органического удобрения путем ее измельчения при уборке урожая и запахивания в период подготовки полей под посев последующих культур.

На данную тему полевые опыты проводились с 1990 по 2003 г., то есть в течение 14 лет (Коновалов Н.Д.). В опытах был принят зернопропашной десятипольный севооборот с чередованием культур: 1. Чистый пар, 2. Озимая пшеница, 3. сахарная свекла, 4. Ячмень, 5. Овес, 6. Вико-овес на сено, 7. Озимая рожь, 8. Кукуруза на силос, 9. Яровая пшеница, 10. Гречиха. Создавались в трехкратном повторении в пространстве и времени три фона: первый – сжигание или удаление побочной продукции, второй – удаление только соломы, запахивалась стерня и ботва сахарной свеклы, третий – запахивалась побочная продукция всех культур севооборота. На каждом фоне в трех повторностях размещались четыре варианта опыта: 1. Без удобрений, 2. НРК минеральных удобрений в дозах, равных их содержанию в дозе навоза (40 т/га), вносимой в чистом пару под озимую пшеницу, 3. Навоз из расчета 40 т/га в чистый пар под озимую пшеницу при вспашке, 4. НРК + навоз в дозах 2 и 3 вариантов. Применяемые дозы НРК под культуры, следуемые за озимой пшеницей, на удабриваемые 2–4 варианты каждого из трех фонов: сахарная свекла $N_{90}P_{90}K_{90}$; ячмень, вико-овес, озимая рожь $N_{60}P_{60}K_{60}$; яровая пшеница, гречиха $N_{40}P_{40}K_{40}$. Вносили под основную обработку: вспашку занятого пара или зяби.

Оценка роли побочной продукции при запахивании в почву показана в табл.2. Среднегодовая продуктивность варианта каждого фона рассчитана в зерновых единицах и в сумме четырех первых и четырех последних культур севооборота, обладающих равноценной биологической продуктивностью при пересчете урожайности каждой из них в зерновые единицы.

Из данных табл. 2 следует, что без запахивания ППУ внесенные удобрения способствуют увеличению доли снижения, тогда как при запахивании ППУ внесенные удобрения повышают содержание в почве гумуса, достигая положительного баланса.

Чистый пар создавал лучшие условия формирования урожайности для первых четырех культур, чем последних четырех культур севооборота. В табл.2 показан причиняемый ущерб сохранению плодородия черноземов сжиганием на полях посева побочной продукции урожая.

Известно, что устойчивость продуктивности земледелия зависит от степени восполнения потребляемых элементов плодородия почвы, складывающейся величины поступающих на поле природных факторов, необходимых для формирования урожая, создаваемых условий их накопления в почве и технологии использования.

Таблица 2. Изменение потенциальной и актуальной продуктивности чернозема типичного при освоении элементов биологизации за ротацию исследуемого севооборота.

% содержания гумуса в почве при способах использования ППУ за ротацию							Урожайность группы культур, ц/га зерновых единиц				Разница валового сбора, ц/га	Изменение содержания гумуса за ротацию, т/га			
№№ вариантов	сжигании или удалении			запахивании на поле возделывания			средне-доявая каждой		валовая четырех			фонды	варианты		
	начало	конец	в % к началу	начало	конец	в % к началу	первой	второй	первой	второй			1	2	4
1	7.2	6.7	93	6.9	6.5	94	47.2	32.9	189	132	57	I	-19	-24	-23
2	7.2	6.5	90	7.0	6.8	97	48.4	35.8	194	143	51	III	-16	-0.7	+0.5
4	7.3	6.7	92	7.5	7.6	101	48.1	36.8	193	147	46	разн. I-III	03	17	28
4-1	0.1	0	-1	0.6	1.1	07	0.9	3.9	04	15	11	ППУ	33	41	52

Предусмотренное программой «Развития сельского хозяйства Тамбовской области на 2007–2010 годы» достичь производства зерна в 2010 году 3 млн.тонн, сахарной свеклы 4.25 млн.тонн, подсолнечника 260 тыс.тонн, увеличить производство другой продукции растениеводства и животноводства не позволило современное плодородие почвы и дозы вносимых удобрений. В тоже время в Программе отмечено, что землепользователи области не имеют экономической возможности покупать и использовать нужное количество удобрений и химических средств защиты растений, а земледелие области предусмотрено вести с возрастающим отрицательным балансом питательных элементов и по этой причине неэффективно использовать улучшающие факторы климата, как и в десятилетия, показанные в табл.3. При этом далеко от возможного намечено использование биологических факторов, влияющих на увеличение плодородия и продуктивности черноземов. Это подтверждает соискатель докторской степени, Чуян Н.А. – сотрудница ВНИИЗиЗПЭ (автор диссертации) (Курск).

Таблица 3. Факторы плодородия, их потребление и восполнение.

Годы	Азота – N			Фосфора – P ₂ O ₅			Калия – K ₂ O			Месяцы периода	Температура, °C		Осадки, мм	
	1. Вынесено. 2. Внесено. 3. % восполнения элемента			1951–2000 гг.		2001–2010 гг.		1951–2000 гг.			2001–2010 гг.			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	1	2
1971–1980	486	303	62	178	182	102	449	227	51	сентябрь	8.6	11.2	91	105
1981–1990	516	597	117	190	398	209	506	420	83	ноябрь-апрель	-4.6	-2.5	210	261
1991–2000	476	294	62	226	131	58	435	191	44	май-август	18	19	200	184
Сумма за 30 лет	1478	1194	81	594	711	120	1390	838	60	среднее за год	5.0	5.4	501	550

Данные, полученные в ее исследованиях, соответствуют полученным в наших опытах, проведенных за 1991–2003 годы. В наших опытах запахивание побочной продукции урожая и без внесения других удобрений не приводило к отрицательным результатам.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.С. Кучеров, К.М. Ахмеденов, С.Г. Ахмеденова,
Г.М. Ахмеджанова, А.К. Нуртанова, Б.У. Акбалина

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан, kazhmurat78@mail.ru

Площади используемых земель Западно-Казахстанской области делятся на: земли сельскохозяйственного назначения – 3795.8 тыс.га., земли городов и населенных пунктов – 2351.5 тыс. га., земли промышленности – 35.7 тыс. га., особо охраняемых природных территорий – 0.2 тыс. га., земли лесного фонда – 206.2 тыс. га., земли водного фонда – 74.1 тыс. га., земли запаса – 7205.3 тыс. га. По площади земель территория области занимает шестое место в республике. В процентном соотношении большая часть территории области занята землями запаса – 47.610 % и землями сельскохозяйственного назначения. На земли лесного фонда приходится – 1.363 %, водного фонда – 0.490 %, а на земли особо охраняемых природных территорий – 0.001 %.

Земли сельскохозяйственного назначения занимают в структуре земельного фонда 3795.8 тыс. га.(25.081 %), они имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на ограничение изъятия этих земель из оборота, сохранение и повышение плодородия почв. В состав земель сельскохозяйственного назначения в основном входят: пашни – 790 тыс.га., залежи – 482 тыс.га., сенокосы – 250 тыс.га., пастбища – 2270 тыс. га., многолетние насаждения –1.9 тыс. га., огороды – 1.9 тыс. га.

В результате длительного использования земель сельскохозяйственного назначения произошло нарушение почвенно-мелиоративного состояния земель, которое способствовало развитию вторичного засоления, заболачивания, химического и радиационного загрязнения. Мониторинг пашни, направленный на определение плодородия почв в зоне тёмно-каштановых почв, свидетельствует, что процесс потери гумуса продолжается. За последние 50 лет произошло резкое снижение содержания гумуса – от 30.3 % до 40.4 %. Критический уровень дегумификации отмечается на тёмно-каштановых малоразвитых почвах. В целом же, в основных зерносеющих районах области (I и II зоны) каждый второй гектар пашни содержит менее 2 % гумуса, при исходных значениях не менее 3.7–4.1 %, и характеризуется низкой обеспеченностью подвижными формами азота и фосфора. Основные статьи потерь гумуса – активизация эрозионных процессов и безвозвратная технология выращивания сельскохозяйственных культур.

Многолетними стационарными опытами в Канаде, США, Германии, быв. СССР [1, 4] при освоении целинных земель установлена миграция нитратов в глубокие слои почвенного профиля (5–10 м). Например, в засушливой зоне Канады в 35-летнем стационарном опыте отмечается отсутствие миграции нитратов в целинной почве, тогда как на пашне глубина их миграции достигает 8 м и потери составляют 43 %.

Наблюдениями выявлено, что в условиях необеспеченной богары и неполивного земледелия образование нитратов и их потери из корнеобитаемого слоя увеличиваются за счет создания весной трещин на поверхности почвы. По трещинам в течение теплого периода повышается температура пахотного слоя, ускоряются процессы нитрификации и увеличиваются потери почвенной влаги. На пашне под озимой пшеницей под травами 1, 2, 3 года жизни трещины уничтожаются ранневесенним боронованием, на чистых парах и яровых зерновых – применением почвозащитной системы земледелия. Эти агротехнические мероприятия способствуют снижению в 5–10 раз переноса нитратов в глубокие слои почвенного профиля атмосферными осадками ливневого характера.

В то же время в черноземе они перемещались на глубину до 4 м, в темно-каштановой почве – до 3 м, а в сероземе (на богаре) – до 5–6 м. Также установлено, что миграция нитратов оказывает существенное влияние на их распределение в почвенном профиле. Если подсчитать запасы нитратов в слое 0–300 см, то в слое 0–100 см их содержится 15–30 % от содержания в слое 0–300 см. Следовательно, миграция нитратов в глубокие слои почвенного профиля является одной из причин снижения в корнеобитаемом слое содержания азота на 25–30 % под культурами зернопарового севооборота [3].

Многолетний опыт показывает, что одним из основных показателей, определяющих эффективность проведенных мероприятий по залужению сельскохозяйственных угодий в дальнейшем,

является получение своевременных и дружных всходов многолетних трав. Немаловажная роль в этом принадлежит способу посева.

Уральская опытная станция до 40-х годов изучала два способа посева трав: покровный и беспокровный. Результаты исследований показали, что в местных условиях при первом способе посева травы сильно угнетаются покровной культурой, в результате чего изреживаются и в последующие годы дают низкие урожаи. В крайне засушливые годы практически гибнут.

При беспокровном посеве многолетние травы сохраняются даже в засушливые годы, но этот способ посева имеет существенный недостаток. В годы посева трав поля используются непродуцительно, так как с них собирается лишь небольшой урожай бурьянистого сена.

Учитывая недостатки этих способов посева, Уральская опытная станция в 1940 году впервые в мировой агрономической практике под руководством Н.И. Башмакова приступила к изучению полупокровного посева. Многолетние травы в этом случае, имея большую площадь питания и лучшее освещение по сравнению с обычным покровным посевом, менее угнетаются полупокровной культурой, сохраняются от гибели и хорошо развиваются в первый и последующие годы пользования.

Работы опытной станции показали, что существенной разницы в урожае яровой пшеницы при различных способах посева не будет, если при полупокровном посеве брать не половину, а 70–75 % от нормы высева, принятой для сплошного посева.

Расширение площадей залужения после сокращения посевов зерновых в конце 90-х годов сдерживалось дефицитом семян многолетних трав. Существующая технология получения семян многолетних трав базировалась на выделении лучших участков полей, посеянных обычными дисковыми сеялками с междурядьем в 15 см при беспокровном посеве и 30 см при полупокровном посеве. Такие посева способны давать семена на 2 и 3 год жизни при благоприятных условиях. В засушливые годы на таких посевах можно получать лишь сено. Улучшить обеспеченность растений многолетних трав почвенной влагой за счет увеличения площади питания при широкорядном размещении рядков не удается. Это приводит к зарастанию посевов сорняками, в результате травы не получают должного развития и дают низкие урожаи семян. Выход из этого был предложен коллективом авторов [2], которые предложили после предварительной предпосевной подготовки почвы, заключающейся в поверхностном ранневесеннем бороновании с одновременным выравниванием почвы, производить одновременный посев многолетних трав, горчицы, двухлетнего желтого донника через рядок. Причем, каждая культура высевается отдельным рядком. Этот способ позволяет обеспечить лучшие условия для роста и развития многолетних трав и получения ежегодной сельскохозяйственной продукции начиная с первого года освоения.

В первый год это достигается за счет горчицы, во второй – за счет двухлетней бобовой культуры донника желтого, а затем на третий и последующие годы – семян злаковых многолетних трав.

Обилие корневых и пожнивных остатков от двух покровных культур за первые два года жизни злаковых многолетних трав, благоприятное воздействие этих покровных культур на агрохимические и агрофизические свойства почвогрунтов способствует хорошему развитию злаковых трав в последующие годы и обеспечивает устойчивый урожай семян до 1.5 центнера с гектара. Кроме того, при посеве многолетних трав под покров горчицы и донника повышается экономическая эффективность пашни, вследствие того, что горчица и донник биологически больше приспособлены к широкому междурядью, чем злаки в молодом возрасте, и компенсируют неизбежную потерю дохода из-за широких междурядий в эти два года. В первый год жизни горчица обеспечивает сбор до 6.0 ц маслосемян, во второй – донник – до 15 ц/га сена при засухе, или до 1.5 ц/га семян в средние по климатическим показателям годы.

В технологии возделывания многолетних трав исключительное место отводится уходу за посевами. Особенностью поля с многолетними травами является большая кратность прохода сельскохозяйственной техники, что приводит к ухудшению водно-физических свойств почвы, нарушению её сложения. Всё это в конечном счете отражается на снижении продуктивности сеянных многолетних трав и сокращении продолжительности их жизни.

Многолетним травам, как важнейшему фактору биологизации земледелия, большое внимание уделялось в Западно-Казахстанской области. Площадь их на пашне достигала 146 тыс. га, а на землях коренного улучшения – 356.7 тыс. га.

При существующем положении дел в земледелии Западно-Казахстанской области, когда внесение на поля навоза является проблематичным, расширение площадей многолетних трав на пашне позволит существенно снизить потери гумуса и обеспечить животноводство качественным кормом.

Остаются проблемы землепользования и на юге области. Площади развиваемых песков (III зона) – в Бокейординском, Жангалинском и Каратобинском районах – за последние 10 лет удвоились и составляют 56.5 тыс. га. В результате, в Жангалинском районе песком засыпаны пос. Коктау и п. Казарма, также существует угроза для с. Мухор. Начиная с 1992 года, площади склоновых к деградации земель стабилизировались на уровне 9688.7–11939.6 тыс. га, в том числе площади эродированных земель 1118.7–2146.5 тыс. га, площади земель, подверженных водной эрозии 622.2–639.5 тыс. га.

Распад крупных сельскохозяйственных предприятий, а так же спад сельскохозяйственного производства привел к сокращению площади пашни, в связи с чем стал вопрос использования залежных земель. Рассадником сорной, а зачастую и карантинной растительности являются и территории населенных пунктов. Из-за резкого оттока сельского населения в город часть имевшихся строений заброшена.

Для преодоления проблем в землепользовании на северо-западе Казахстана необходимы: концентрация и специализация производства сельхозпродукции; оптимизация структуры посевных площадей; соблюдение правил и норм агротехники и необходимого уровня культуры земледелия; переход на природоохранные и ресурсосберегающие адаптивно-ландшафтные системы земледелия; адаптация технологий возделывания к почвенно-климатическим условиям и биологическим особенностям культур и сортов; создание и внедрение новых высокоурожайных сортов растений, внедрение в производство сортов промышленного направления; увеличение плодородия пашни путем освоения и соблюдения научно-обоснованных севооборотов, расширения посевов многолетних бобовых трав и зернобобовых культур, внедрения паров; внедрение влагоресурсосберегающих минимально-нулевых технологий;

Планомерное осуществление вышеперечисленных мероприятий в Западно-Казахстанской области способствовало бы улучшению геоэкологического состояния земель и рациональной организации системы землепользования и землеустройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булаев, В.Е., Булаева, В.Г. Миграция азота, фосфора в почве из очагов удобрений // Химия в сельском хозяйстве, 1977, №9. – С.71–75.
2. Бурахта С.Н., Буянкин В.И., Львов В.С. Способ выращивания многолетних трав на семена под покров полевых культур. Патент на изобретение №28901 РК от 22.12.1998.
3. Кучеров, В.С. Земледелие с учетом плодородия / В.С.Кучеров, А.Н. Юмагулова, В.И.Буянкин, С.Н.Бурахта. Алма-Ата, Кайнар, 1989. – С.56–59.
4. Щербаков, А.П. Азотный режим в почвах при длительных опытах с удобрениями в ГДР // Почвоведение, 1977, №10, С.89–96.

УДК 633.2 : 631.12:631,86

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДКАРПАТЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Н.И. Лагуш

Львовский национальный аграрный университет, Украина,
karachevska@rambler.ru

В Предкарпатье Украины вследствие особенностей рельефа и количества осадков почвенный покров подвергается интенсивным процессам эрозии. На дерново-подзолистых почвах зоны невозможно получение высокой продуктивности растений без внесения высоких доз удобрений. Это порождает нежелательные экологические проблемы, которые можно решить путем введения в севооборот высокопродуктивных смесей многолетних трав.

Главная причина, которая сдерживает продуктивность бобово-злаковых травосмесей в условиях Предкарпатья – низкое плодородие и высокая кислотность дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных средне суглинистых почв. Решая эту проблему, необходимо ликвидировать действие

кислотности и токсичность подвижного алюминия, обеспечить положительный баланс гумуса путем внесения известняковых и органических удобрений.

Опыты по изучению эффективности внесения известняковых, минеральных и органических удобрений под клеверо-тимофеевковую смесь проводили в условиях стационарного опыта лаборатории кормопроизводства Предкарпатской сельскохозяйственной опытной станции и лаборатории кафедры почвоведения, земледелия и агрохимии Львовского национального аграрного университета.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая поверхностно-оглеенная среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: содержание гумуса (по Тюрину) – 2.15 %; pH_{KCl} – 4.2–4.4; Hg – 3.47; сумма обменных оснований (S) – 12.3–14.7 мэкв/100 г почвы, P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 68 и 80 мг/кг. Известь согласно схеме опыта вносили под покрывную вико-овсяную смесь. Минеральные удобрения в форме аммиачной селитры вносили ранней весной в подкормку травосмеси.

Исследования показали, что наибольший эффект от известкования наблюдали при совместном внесении 1.0–1.5 н. г.к. извести и минеральных удобрений $N_{34}P_{34}K_{34}$. На этих вариантах через два года после известкования гидролитическая кислотность снизилась на 63.4–70.1 %, содержание подвижного алюминия снизилось на 71.1–73.4 %, показатели pH почвенного раствора соответственно на 41.3–41.8 % в сравнении с контрольными участками. Такую же закономерность наблюдали и с содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Важнейшим приемом улучшения агрохимических свойств дерново-подзолистых почв Предкарпатья и повышения продуктивности кормовых культур является внесение органических удобрений.

Нависший эффект от внесения органических удобрений за два года использования травосмеси наблюдали на участках, где вносили 3 т/га биогумуса и 20 т/га навоза. На этих вариантах гидролитическая кислотность снизилась на 72.8–73.6 % по сравнению с неудобренными вариантами, содержание подвижного алюминия – на 66.2–80.0 %, показатели pH_{KCl} увеличились до 5.75–5.90. Несколько меньше на эти показатели влияет использование в качестве удобрения редьки масличной. Под влиянием органических удобрений увеличивается количество Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Для улучшения агрохимических и биохимических свойств дерново-подзолистых почв Предкарпатья необходимо периодически проводить известкование и удобрять почву органическими удобрениями, в частности использовать сидераты и навоз.

Улучшение агрохимических показателей плодородия почв способствует повышению интенсивности роста и развития растений клевера лугового в травосмеси, их устойчивости к неблагоприятным условиям вегетационного периода, увеличению фотосинтетического потенциала и кормовой продуктивности клеверо-тимофеевковой смеси.

УДК 631.4; 556.3

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

С.Д. Лазарева¹, О.Г. Лопатовская^{1,2}, К. Хентрих³

¹Восточно-Сибирская Государственная Академия Образования, г. Иркутск,

²Иркутский Государственный Университет, ³HNE Eberswalde (Германия),

maslo38@mail.ru, lopatovs@mail.ru

В южной части Восточной Сибири встречаются самобытные почвы, которые формируются в зоне влияния минеральных источников. Такие почвы называют: почвы зоны влияния минерального источника, примитивные почвы, почвы на травертинах, парапочвы. Для них характерны постоянное влияние излившейся минеральной воды, гидроморфный режим, маломощный почвенный профиль, слоистость, присутствие крупных гранулометрических фракций, высокое содержание гумуса в верхних горизонтах, засоление, присутствие железа и других соединений. Эти почвы малоизучены и представляют интерес в плане расширения знаний о региональных почвах.

Условия формирования для почв минеральных источников имеют общие признаки и различия. Все они формируются в условиях резкоконтинентального климата, расчлененного холмисто-равнинного рельефа, присутствия сезонной или многолетней мерзлоты. Исследованные минераль-

ные источники входят в состав Анагро-Ленского артезианского бассейна, одноименной области хлоридных натриевых и кальциевых, азотных и метаново-азотных, местами сероводородных рассолов, гидроминеральной провинции хлоридных, сульфатных холодных и горячих вод и рассолов с локальным развитием сероводородных и радоновых вод. В процессе почвообразования принимают участие породы различного возраста: от кембрийских (соленосные толщи усольской свиты, которые перекрываются породами бельской, булайской и ангарской свит), юрских до четвертичных. В нижнекембрийских карбонатных отложениях хлоридные минеральные воды разнообразные по составу и степени минерализации (солончатые, соленые, рассольные, азотные, метановые, сульфидные, радоновые, бромные). Они могут быть вскрыты практически в любом пункте платформенной части территории на глубине до 500–1000 м (при бурении скважин). На разных этажах геологического разреза могут быть распространены минеральные воды разные по составу и типу.

Исследованные почвы формируются в зоне влияния изливающихся минеральных вод курортов «Усолье» (г. Усолье-Сибирское) и «Усть-Кут» (г. Усть-Кут). Для определения влияния минеральных источников на почвы, находящихся в зоне их влияния, а также для анализа распределения солей в почвенном профиле почв, нами были отобраны образцы на удалении от источника 0,5, 5, 20, 50, 200 м («Усолье») и 1, 3, 5, 20 м («Усть-Кут»). Химические анализы почв проводились общепринятыми в почвоведении методами.

Курорт «Усолье» является одним из старейших на территории Иркутской области бальнеологических санаториев. Он расположен на левом берегу р. Ангары, в 70 км от г. Иркутска. Минеральные источники курорта представляют собой выходы глубинных рассолов соленосной толщи по тектоническому разлому, которые разбавляются водами вышележащих водоносных горизонтов. По химическому составу воды курорта относятся к хлоридно-натриевым рассолам с минерализацией 54–55 г/л, рН = 6,5.

Почвы, расположенные около минерального источника, имеют сходные морфологические признаки: в профиле почв отмечена слоистость, присутствуют песок и галька, следы оглеения, пятна солей, грансостав от легкосуглинистого до среднесуглинистого. По составу солей почвы относятся к хлоридно-натриевым и имеют сходный состав с контактирующим минеральным источником. Содержание гумуса невысокое. На любом удалении от грифона содержание гумуса не превышает 5,7 %. Сумма солей от 0,49 до 2,24 %, рН – щелочной (8,06–8,61).

Почва – аллювиально-дерновая солончаковатая.

Курорт «Усть-Кут» расположен на правом берегу р. Куты в излучине, в 4 км от г. Усть-Кут. Здесь на поверхность изливаются рассолы хлоридно-натриевого состава со слабым запахом сероводорода, формируя оз. Соленое. В результате испарения в озере увеличивается концентрация солей и вода, по сравнению с расположенными рядом минеральными источниками, становится более концентрированной. Химический состав воды озера хлоридно-натриевый, минерализация составляет 135,5 г/л.

Результаты исследования показали, что почвы, находящиеся в зоне разгрузки минеральных источников «Усть-Кут», являются засоленными. Среди почвенных анионов преобладают ионы хлора, из катионов преобладает натрий. Таким образом, можно говорить о соответствии химического состава почв и воды озера, что указывает на генетическую связь озера и источника с почвой.

Концентрация солей в почве варьирует от 1,02 до 6,26 %. Вероятно, это связано с тем, что около источника почва постоянно промывается водой за счет хорошей дренированности. При этом самое высокое содержание солей обнаружено на удалении 3 м от озера в верхней части профиля. Это может быть связано с близким залеганием грунтовых вод и высоким испарением солей с поверхности почвы. Испарение воды приводит к увеличению концентрации солей как в почвенном профиле, так и на поверхности почвы. Распределение величин рН неравномерно: максимальная щелочность может быть как в верхней части профиля, так и в средней и нижней. Значения в пределах щелочных показателей в интервале от 7,96 до 8,96. На берегу оз. Соленое рН в верхней части профиля – 8,68, внизу – 8,89.

По сравнению с почвами источника «Усолье», картина по содержанию гумуса здесь иная. В первом разрезе на удалении 1 м от воды содержание гумуса изменялось таким образом: 0–10 см – 2,42 %, 10–20 см – 1,78 %, 20–30 см – 2,37 %. На удалении 3 м: 0–10 см – 1,57 %, 10–20 см – 0,69 % и 20–30 см – 4,24 %. На удалении 5 м содержание гумуса в пределах 0,39–0,95 % по всему профилю. При удалении на 20 м содержание гумуса изменялось сверху вниз от 7,49 до 12,61 %. На распределение гумуса оказывает большое влияние действие прибойной волны озера, в результате ко-

того постоянно привносится органический материал со дна озера на дневную поверхность. Так как почвы имеют слоистое строение, органогенные горизонты четко просматриваются в почвенном профиле.

По химическому составу почвы хлоридно-натриевые и сульфатно-хлоридно-натриевые. В распределении солей нет четкой закономерности, но в большинстве случаев концентрация солей отмечается в нижних горизонтах.

На удалении от источника 3 м содержание солей в верхнем слое 0–10 см – 5.45 %; на глубине 10–20 см – 6.26 %. На удалении 5 м в слое 10–30 см – 1.22 %. На удалении 20 м в слое 0–10 см – 2.53 %, в слое 10–30 см – 1.22 %. На берегу озера, в 1 м от уреза воды сумма солей от 1.69 до 1.90 %.

Почва – лугово-болотная солончаковая.

Выявлено, что состав солей почв соответствует ионному составу вод источников. Максимальное содержание солей и рН отмечается в прибрежной части озера, нежели на удалении от него. По мере удаления от источника засоления, содержание солей и рН уменьшается, указывая на уменьшение влияния минерального источника.

Таким образом, почвы около двух минеральных источников, расположенных в разных условиях формирования (южная – «Усолъе» и северная – «Усть-Кут» части Иркутской области) имеют сходства в химизме питающих вод и постилающих пород. Отличия обусловлены природными условиями формирования почв, источником воды (в первом случае только минерального источника, в другом – оз. Соленое и минерального источника), химизмом минеральной воды, удалением от грифона или озера. Отличия имеют место в общем содержании и распределении солей, содержании гумуса и рН.

УДК 631. 8 : 631. 582 : 631. 445. 41

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВОБОРОТА И ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМА
ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО ПРИ 60-ЛЕТНЕМ
ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИИ

Т.П. Лифаненкова, М.В. Бижоев

Кабардино-Балкарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
г. Нальчик, KBNIISH2007@yandex.ru

В условиях орошения при интенсивном использовании сельскохозяйственных угодий и значительной минерализации органического вещества почвы на фоне резкого сокращения объёмов применения органических и минеральных удобрений отмечается повсеместное падение уровня почвенного плодородия и, как следствие, уменьшение продуктивности пашни. Потребность рационального использования ресурсов почвенного плодородия и вопросы управления плодородием почвы в конкретных агроэкологических условиях для определённого типа почвы с целью повышения продуктивности агросистем – наиважнейшие задачи землепользования.

Исследования по изучению продуктивности культур в полях севооборота и изменению показателей почвенного плодородия при длительном систематическом применении различных систем удобрения в разных условиях влагообеспеченности проводятся в стационарном опыте Кабардино-Балкарского НИИСХ с 1948 года по настоящее время.

В десятипольном зернотравянопропашном севообороте, развёрнутом в пространстве и времени, изучаются следующие системы удобрения: вар.1 – без удобрений и орошения (контроль); вар. 2 – минеральная ($N_{69}P_{63}K_{45}$), без орошения; вар. 3 – органо-минеральная (навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$) без орошения; вар. 4 – без удобрений при орошении; вар. 5 – минеральная ($N_{69}P_{63}K_{45}$) при орошении; вар. 6 – органо-минеральная (навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$) при орошении; вар. 7 – расчётная минеральная ($N_{141}P_{68}K_{60}$) при орошении; вар. 8 – расчётная органо-минеральная (навоз 15 т/га + $N_{87}P_{36}K_7$) при орошении. Во 2, 3, 5 и 6 вариантах изучаются рекомендуемые системы удобрения, установленные экспериментальным путём в краткосрочных полевых опытах с разными культурами. Расчётные системы удобрения введены в схему опыта с 1986 года и рассчитаны балансовым методом. Влажность почвы в орошаемом севообороте поддерживается поливами не ниже 75–80 % НВ.

Ранее в опыте было установлено (В.М.Бижоев, 1978), что применение органо-минеральной системы удобрения – навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$ – в богарных условиях обеспечивало сохранение и

воспроизводство плодородия чернозёма обыкновенного, увеличивая содержание подвижных форм азота, фосфора и калия и создавая положительный баланс гумуса в почве. Продуктивность неорошаемого севооборота при этом определялась количеством осадков, выпавших в период вегетации культур.

При орошении такая система удобрения не обеспечивала сохранения почвенного плодородия. При увеличении содержания подвижных форм макроэлементов после 30 лет проведения опыта в почве отмечали уменьшение содержания гумуса с 3.55 до 3.20 %.

Возникла необходимость расчёта органо-минеральной системы удобрения, которая, исходя из теоретических знаний, могла бы содействовать сохранению и воспроизводству плодородия чернозёма обыкновенного. Систематическое применение расчётной органо-минеральной системы удобрения – навоз 15 т/га + N₈₇P₃₆K₇ – за 20 лет с 1986 года к 2005 г. значительно улучшило плодородие орошаемого чернозёма обыкновенного, восстановив содержание гумуса в почве до исходной величины (3.58–3.61 %) и обеспечив бездефицитный его баланс (+0.8 т/га). К 2007 году положительный баланс гумуса в этом варианте составил +1.8 т/га (табл.). При этом улучшились морфологические, агрофизические и агрохимические свойства почвы по сравнению с рекомендуемыми системами удобрений.

Таблица. Влияние длительного удобрения и орошения на продуктивность севооборота, содержание и баланс гумуса и окупаемость удобрений в опыте 1948 г.

№ п/п	Вариант системы удобрения и орошения	Продуктивность, ц з.е./га 2006–2010 гг.	Содержание гумуса, %			Баланс, 1948–2007 гг.		Окупаемость, кг з.е./кг д.в.
			1948 г.	1996 г.	2007 г.	%	т/га	
1	Без удобрений без орошения	15.7	3.55	2.75	2.77	-0.78	-20.2	
2	Рекомендуемая минеральная система удобрения (СУ) (N ₆₉ P ₆₃ K ₄₅) без орошения	23.5	3.55	3.07	3.04	-0.51	-13.3	3.72
3	Рекомендуемая органо-минеральная СУ (навоз 8 т/га + N ₄₄ P ₄₂ K ₂₄) без орошения	25.7	3.55	3.68	3.63	+0.08	+2.8	3.86
4	Без удобрений при орошении	23.5	3.55	2.72	2.69	-0.86	-22.4	
5	Рекомендуемая минеральная СУ (N ₆₉ P ₆₃ K ₄₅) при орошении	43.1	3.55	2.80	2.85	-0.70	-18.2	16.1
6	Рекомендуемая органо-минеральная СУ (навоз 8 т/га + N ₄₄ P ₄₂ K ₂₄) при орошении	47.3	3.55	3.24	3.18	-0.37	-9.6	14.6
7	Расчётная минер. система СУ (N ₁₄₁ P ₆₈ K ₆₀) при орошении	47.0	3.55	2.95	3.10	-0.45	-11.7	12.0
8	Расчётная органо-минеральная СУ (навоз 15 т/га + N ₈₇ P ₃₆ K ₇) при орошении	52.2	3.55	3.58	3.62	+0.07	+1.8	11.9
	НСР ₀₅ для частных различий	4.21		0.23	0.25			
	НСР ₀₅ для орошения	1.86						
	НСР ₀₅ для удобрений и взаимод.	2.97						

Продуктивность севооборота при внесении расчётной органо-минеральной системы удобрения и орошении в 2.2 раза больше продуктивности орошаемого севооборота без применения удобрений, урожайность культур при этом в 2.0–2.5 раза больше, чем в варианте без удобрений. Исследования и научно-производственные испытания, проведённые в сельскохозяйственных предприятиях разных форм собственности Кабардино-Балкарской Республики показали, что рассчитанная на основе балансового метода по предложенной работниками института формуле органо-

минеральная система удобрения (навоз 15 т/га + N₈₇P₃₆K₇) является оптимальной на чернозёме обыкновенном при орошении в Центральном Предкавказье, так как она обеспечивает высокие урожаи сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции: озимой пшеницы 40–65 ц/га, кукурузы – 70–125 ц/га, подсолнечника – 30–35 ц/га, сена люцерны 90–145 ц/га и обеспечивает высокую энергетическую эффективность применения удобрений при орошении.

По сравнению с рекомендуемыми системами удобрения урожайность культур при применении расчётной органо-минеральной системы удобрения больше на 11–16 %. В этом же варианте получен наибольший сбор сырого белка за ротацию севооборота – 93.7 ц/га, так как расчётная органо-минеральная система удобрения повышала его содержание в зерне озимой пшеницы на 2.3–2.9 %, в зерне кукурузы – на 1.5–2.1 %, в сене люцерны – на 3.7–4.3 %.

Окупаемость 1 кг д.в. удобрений в условиях орошения в 3.0–4.2 раза больше, чем в неорошаемых условиях. При применении расчётных систем удобрения – минеральной и органо-минеральной – количество действующего вещества удобрений увеличилось на 50–52 %, прибавка урожая при этом возросла на 12.1–12.7 % по сравнению с применением рекомендуемых систем удобрения. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений при внесении расчётных систем удобрения меньше, чем при применении рекомендуемых.

Применение расчётной органо-минеральной системы удобрения (навоз 15 т/га + N₈₇P₃₆K₇) обеспечило высокие показатели экономической эффективности: самый большой чистый доход (экономический эффект) – 8662 руб/га, высокую окупаемость затрат – 4.18 руб на 1 рубль затрат, уровень рентабельности – 248 %, окупаемость 1 кг NPK удобрений – 12.0 кг з.е., низкую себестоимость 1 ц продукции – 86.3 руб.

Внедрение разработанной органо-минеральной системы удобрения (навоз 15 т/га + N₈₇P₃₆K₇) имеет большое значение не только для Кабардино-Балкарской Республики, основными почвами которой являются чернозёмы обыкновенные карбонатные. Это актуально для других субъектов Северного Кавказа: Ставропольского края, где почвенный покров Центральной степной зоны представлен в основном чернозёмами обыкновенными карбонатными, Северной Осетии – Алании, Чеченской Республики, Ингушетии. На чернозёмах обыкновенных в равнинной зоне этих республик внедрение разработанной органо-минеральной системы удобрения (навоз 15 т/га + N₈₇P₃₆K₇) в севооборотах будет служить основой получения высоких урожаев, сохранения и воспроизводства плодородия почвы.

УДК 631.615:631.452:631.95

ПРОБЛЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ МЕЗОТРОФНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

И.И. Лыткин, Н.В. Савицкая

Почвенный институт им В.В. Докучаева, Москва, Lytivan@yandex.ru

Использование слаборазвитых торфяных почв мезотрофного (и олиготрофного) типа в сельскохозяйственном производстве приводит к обеднению их ППК макро- и микроэлементами. Это связано как с ионообменными процессами, происходящими в кислых по природе слабозольных торфяных почвах при внесении удобрений (и извести), и миграцией химических элементов за пределы почвенного профиля с почвенно-грунтовыми и дренажными водами, обогащенными водорастворимыми органическими соединениями (органо-минеральными комплексами), так, в значительной степени, и с выносом элементов питания высокими урожаями возделываемых культур (мелиорированные торфяные почвы в Нечерноземной зоне России обеспечивают в среднем на 15–25 % больший урожай сельскохозяйственных культур, чем самые плодородные минеральные почвы в этой зоне).

Было выявлено, что по своему качественному и количественному составу дренажные воды сильно изменялись с годами сельскохозяйственного освоения торфяного массива (для примера взята мезотрофная торфяная почва массива «Макеевский мыс» в Рязанской области, табл. 1).

В первые годы сельскохозяйственного использования торфяной почвы отмечается наибольший вынос химических элементов с дренажными водами, по степени минерализации которых можно судить о развитии в почве деградационных процессов. По мере использования массива, с годами (через 6–13 лет) суммарный вынос элементов из почвенного профиля сократился более чем в 2–3 раза и стабилизировался; при этом, однако, произошло падение урожайности всех возделываемых культур.

ваемых культур (в случае с овсом и картофелем наблюдалось снижение урожая в среднем в 1.5–3 раза). Максимальное падение урожайности произошло на тех вариантах, где в первые 3 года освоения массива были получены наибольшие урожаи культур. С годами освоения снижается и качество растениеводческой продукции (табл. 2), что уже говорит о существенной деградации торфяной почвы при сложившихся уровнях производственных отношений, когда нарушения в сбалансированности питания растений не компенсировались внесением удобрений (лишь только NPK) и извести.

Таблица 1. Динамика выноса химических элементов дренажными водами (средние результаты подекадных наблюдений за летний период) с годами освоения мезотрофной торфяной почвы; мг/л.

Годы освоения	Химические элементы										
	Na	K	Ca	Mg	P	Si	Fe	Al	Mn	Cu	∑ мг, в литре
0	1.4	0.7	5.3	1.5	0.06	3.5	0.48	0.40	0.06	0.02	13.4
3	5.1	12.0	47.3	6.1	0.17	27.1	0.61	1.15	0.97	0.08	100.7
4	2.0	8.3	35.2	4.9	0.02	11.8	0.77	0.88	0.62	0.02	64.5
5	2.3	6.8	25.0	5.3	0.01	6.5	1.77	0.02	0.02	0.04	47.8
6	2.6	3.9	23.6	5.8	0.08	4.7	3.71	0.16	0.01	0.03	44.6
13	2.1	2.6	19.8	3.8	0.06	2.2	2.83	0.48	0.05	0.02	33.9

В табл. 2 отражена динамика содержания макро- и микроэлементов в зерне и соломе овса, а также в ботве и клубнях картофеля (по полной схеме культуры выращивались поочередно на 16 мелкоделяночных опытных участках в трехкратной повторности), с годами освоения слаборазвитой мезотрофной торфяной почвы: в первом случае при возделывании овса и ежегодном внесении в почву $N_{30-60}P_{60}K_{150-180}$ и однократном ее известковании (в дозе 0.25 г.к. $CaCO_3$) перед началом освоения, а также внесении меди на шестом году сельскохозяйственного использования торфяного массива. В варианте с картофелем показаны изменения содержания макро- и микроэлементов на контрольных участках: без внесения макро- микроудобрений и извести. Из минеральных удобрений в опытных условиях применяли N_{aa} , K_x , P_{cd} ; медь вносили в форме $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ из расчета 30 кг/га.

Таблица 2. Динамика макро- и микроэлементов в органах овса и картофеля с момента сельскохозяйственного освоения мезотрофной торфяной почвы (среднее из 3-х повторений).

Годы освоения	Растениеводческая продукция	Валовое содержание химических элементов: K, P, Ca, Al (%) и Cu, Fe, Mn, Zn (мкг/г)							
		K	P	Ca	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
1	Зерно	1.35	0.55	0.25	0.12	2.9	195	340	70
	Солома	2.64	0.39	0.30	0.06	3.1	136	309	56
2	Зерно	1.10	0.33	0.29	0.04	2.5	125	118	56
	Солома	2.08	0.29	0.52	0.03	2.7	103	99	41
	Ботва	3.20	0.49	1.87	0.02	9.6	480	206	107
	Клубни	2.33	0.41	0.20	0.03	6.7	40	11	20
3	Зерно	0.98	0.52	0.23	0.02	2.2	209	286	60
	Солома	1.40	0.23	0.52	0.03	2.5	150	262	31
6	Зерно	0.46	0.37	0.16	0.04	3.4	83	152	42
	Солома	1.69	0.32	0.44	0.02	4.2	92	307	31
	Ботва	2.63	0.25	1.03	0.02	5.5	562	439	105
	Клубни	1.68	0.25	0.14	0.03	5.6	47	15	21

Со временем освоения слаборазвитой мезотрофной торфяной почвы в составе зерна овса снижалось содержание калия, фосфора, кальция, а также микроэлементов. Внесение в почву медного купороса на шестом году сельскохозяйственного освоения торфяного массива способствовало обогащению зерна овса медью и снижению содержания железа и цинка. С годами использования почвы качество растениеводческой продукции изменялось как в вариантах опыта без удобрений и известкования, так и в опытах с внесением NPK и $CaCO_3$.

В случае с культурой картофеля по мере его возделывания на мезотрофной торфяной почве в вариантах контроля отмечалось снижение содержания калия, фосфора, кальция, меди и цинка в составе ботвы и клубней картофеля и, в то же время, происходило накопление железа и марганца

(табл. 2). Также, следует отметить, что в ботве картофеля контрольных вариантов больше содержалось азота, кремния и никеля, чем в ботве с удобренных участков. В то же время клубни картофеля в вариантах с NPK больше содержали азота и никеля, что указывает на различия в поглощении элементов питания не только вегетативными, но репродуктивными органами растений в условиях нарушения сбалансированности в питании при недостатке одних и избытке других химических элементов. Клубни и ботва картофеля на вариантах с $N_{30-60}P_{60}K_{150-180}$ в большей степени обогащены калием, фосфором и хлором, тогда как на опытных участках с NPK + разные дозы извести они содержали наибольшие количества кальция и магния, но меньшие – марганца и цинка. Известкование значительно снижало поступление калия, фосфора и серы в растения картофеля. Известь почти не сказалась на выносе алюминия, железа и кремния ботвой и клубнями картофеля. Таким образом, при внесении удобрений и извести на слаборазвитых мезотрофных торфяных почвах происходит увеличение выноса картофелем элементов питания, поступавших в почву с мелиорантами, и одновременное снижение выноса тех химических элементов, которые поглощались растениями непосредственно из почвенных запасов.

По урожаю сельскохозяйственных культур обычно судят об эффективности удобрений и известкования. Однако, в нашем случае, на исследованных мезотрофных торфяных почвах ежегодное внесение удобрений с годами освоения торфяного массива не приводило к повышению урожая овса и картофеля: по истечении первых четырех лет отмечено падение урожайности для всех вариантов опыта с удобрениями и известкованием.

Статистическая обработка урожайных данных картофеля методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1968) показала, что, за исключением первого года ведения опыта, контрольные и фоновые участки значимо различались по урожайности: в семи случаях из восьми внесение минеральных удобрений увеличивало урожай. Известкование способствовало повышению урожая картофеля только в первые пять лет; в последующие годы существенных различий между урожаями на фоновом участке и участках с известкованием не обнаруживали. При известковании мезотрофных торфяных почв под картофель на фоне ежегодного внесения 150–180 кг/га калийных удобрений в виде хлористого калия оптимальной дозой извести была 0.25 г.к. $CaCO_3$. Увеличение доз извести до 1.00 г.к. не приводило к статистически значимому увеличению урожая картофеля. Статистически значимого увеличения урожая в последующие годы от внесения меди также не наблюдали.

Аналогичные закономерности в различиях величин урожая наблюдались на данных вариантах опыта и для культуры овса. Причем, овес в большей степени реагировал на условия произрастания, чем картофель, и нуждался в их улучшении: так, например, на контрольных и фоновых участках (с внесением $N_{30-60}P_{60}K_{150-180}$) посевы овса всегда погибали уже в фазу кущения – трубкование в течение первых четырех лет с момента сельскохозяйственного освоения мезотрофных торфяных почв. Причиной тому были: высокая кислотность почвы (*in situ* $pH \leq 3.20$; Н г.к. = 91–126 мг-экв/100 г), дефицит кальция, магния, меди, цинка и др. элементов питания. В то же время, с увеличением количества внесенных в почву компонентов удобрений происходит значительное подкисление равновесного раствора мезотрофных (и олиготрофных) торфяных почв; слабо изменяется pH равновесных растворов в торфяных почвах, обогащенных минеральными компонентами (Ca и Mg), с низким содержанием ионов H^+ в ППК.

Известкование, а также дозы извести (от 0.25 г.к. до 1.00 г.к. $CaCO_3$) снижают гидролитическую кислотность почвы и содержание обменных форм алюминия и водорода, увеличивают количество поглощенных кальция и магния. Однако известкование и дозы удобрений снижают вододерживающую способность торфяных почв, влияют на водопотребление произрастающих сельскохозяйственных культур и на качество урожая. Под влиянием доз извести снижается количество поглощенного калия, подвижных форм K_2O и P_2O_5 , а также водорастворимых форм калия и фосфора в почве. Для исследованных почв известкование наиболее эффективно было в первые 3–5 лет после внесения извести.

В свою очередь, известкование снижало поступление в растения овса большинства элементов питания (Si, K, P, Mg, а также Mn и Cu.) и, в то же время, с ростом доз извести (от 4.7 т/га до 18.8 т/га) увеличивалось поступление в растения овса Ca (в 1.2–1.4 раза) и Fe (в 1.7 раза; на ранних фазах развития), а в случае с картофелем в клубнях возрастало еще и количество Cu (в 1.17 раза).

Агроэкологическая роль удобрений и извести в разных агроценозах проявляется по-разному. К примеру, урожайность клубней картофеля в значительной степени определялась содержанием хлорид-ионов (поступали в почву с KCl) в почве (соответствующие коэффициенты корреляции: $r =$

–0.94–0.99) и нитрат-ионов, образовавшихся в результате высокой биохимической сработки торфа ($r = -0.94-0.96$), а урожай зерна и соломы овса зависел от содержания кальция в почве ($r = +0.94-0.98$).

Таким образом, процесс окультуривания слаборазвитых мезотрофных торфяных почв длителен во времени и невозможен без применения удобрений и известковых материалов. Вносимые в почву удобрения должны восполнять биологический вынос (с урожаями культур и побочной продукцией) всех химических элементов питания, а также элементов геохимического выноса, возросшего за счет ионного обмена под влиянием удобрений и известки и повышенной минерализации торфа, при сложившихся условиях функционирования мелиорированных торфяников в агроландшафте. При этом, например, для восполнения запасов калия в почве его следует вносить в виде удобрений, не содержащих хлорид-ионов, так как кислые торфяные почвы способны аккумулировать ионы хлора, что особенно отрицательно сказывается на урожае и качестве клубней картофеля.

УДК 631.10

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ СТЕРИЛЬНОГО И НЕСТЕРИЛЬНОГО ЭКСКРЕТА ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ НА ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Е.И. Майоров

Санкт-Петербургский Государственный Университет, emaiorov@inbox.ru

Известно, что процесс трансформации органического вещества может регулироваться и искусственными добавлениями тех или иных органических или неорганических веществ в почву. Ранее нами было установлено промоторное (или затравочное) действие экскретов дождевых червей при разложении свежей массы клевера и пырея, характеризующееся изменением динамики процесса минерализации и гумификации при разовом внесении в микродозе. Экскрет дождевых червей (поверхностный плюс кишечный) – содержит в себе различные формы легкодоступного углерода, азота, серы и других элементов, а также богат разными группами микроорганизмов. Тем не менее, неясен механизм действия экскрета. Поэтому для определения активного начала (биохимического или биологического) экскрета представляет интерес сравнительное изучение влияния стерильного и нестерильного экскрета на процесс трансформации растительного материала.

Цель настоящей работы – сравнить действие стерильного и нестерильного экскрета как легко метаболизируемого вещества на процесс трансформации растительных остатков. В данной работе был использован экскрет дождевого червя сем. *Lumbricidae*, *Aporrectodea caliginosa*, полученный при инкубации 3 червей в чашках Петри с 20 мл дист. воды за сутки при комнатной температуре. Стерилизация проводилась в аппарате Коха в течение 1 ч. В качестве субстрата использована свежая масса пырея (*Elytrigia repense* L.) (C = 37.99 %, N = 1.54 % к возд.-сух. навеске, C/N=24.67), смешанная с предварительно прокаленным при 700 °C песком в соотношении 1:10 (15 г + 150 г, соответственно). В каждый сосуд с растительным материалом внесено 2079 мг C. Вносилось в вариантах с нестерильным экскретом (НЭ) 0.57 мг C на 100 г субстрата, в варианте со стерильным экскретом (СЭ) – 0.60 мг C на 100 г субстрата. Компостирование проводилось при комнатной температуре и влажности 60 % от ПВ. Длительность компостирования составила 30 дней, т.к. в прошлых работах именно в этот срок экскрет проявлял себя наиболее значимо при выявлении промоторного эффекта.

Показано, что добавление как нестерильного, так и стерильного экскрета влияет на интенсификацию процессов минерализации и гумификации растительного материала. Внесение экскрета увеличивает темп минерализации органического вещества. Количество минерализованного углерода выше на 21 % в варианте с НЭ и на 26 % в варианте с СЭ по сравнению с контролем. Значимых различий между вариантами с экскретом нет.

Более того, экскреты активно влияют на процесс гумификации растительного материала – общее количество гуминовых веществ, экстрагируемых 0.01 н. NaOH, выше по сравнению с контролем на 13 и 17 % в варианте с НЭ и СЭ, соответственно. Также, добавление экскретов способствовало незначительному увеличению содержания количества гуминовых кислот (осаждаемой кислотой фракции). Таким образом, и НЭ, и СЭ являются промоторными (или затравочными) агентами процессов трансформации растительных остатков. Следовательно, активным началом в них выступают какие-то физиологически активные вещества, играющие роль «катализаторов» процессов трансформации растительных остатков.

**ВЛИЯНИЕ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД
НА ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНОПРОФИЛЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ**

М.А. Надпорожская, Е.И. Федорос, Е.А. Трубицына, Л.Б. Львова, Ковш Н.В.
Санкт-Петербургский государственный университет, biosoil@bio.pu.ru

Оценка лесорастительных свойств почв проведена с применением принципов типизации лесных земель, разрабатывавшихся в России последовательно Л.Г. Раменским, Н.Л. Благовидовым и О.Г. Чертовым. Типизация лесных земель учитывает сходство дренажа, почвообразующих пород, рельефа, степени изменения исходной почвообразующей породы в процессе почвообразования и характер развития аккумулятивных горизонтов почв, определяемой понятием «тип гумуса». До сих пор в учении о типах гумуса подстилка рассматривалась как целое, без учета изменения свойств по подгорizontам. По теории в ненарушенных лесных экосистемах более гумифицированный органо-генный горизонт, т.е. более длительно трансформированный, нижележащий, должен содержать большее количество азота, стабилизированного в составе гумусовых веществ. Авторами настоящей работы собрана база собственных и литературных данных, фиксирующих в полевых исследованиях «нетипичное» увеличение отношения C/N в нижних подгорizontах лесной подстилки. Ранее М.А.Надпорожской и соавторами (2000; 2003 а, б) в модельных лабораторных экспериментах был установлен факт увеличения скорости минерализации и газообразных потерь азота при трансформации растительных остатков в контакте с минеральными компонентами (кварцевым песком и бескарбонатным моренным суглинком). Нами было сделано предположение, что динамика углерода и азота в разлагающихся растительных остатках в значительной степени зависит от контакта с минеральной породой, ее минералогического состава и дисперсности.

Изучены почвы хвойных лесов нормального увлажнения на разных почвообразующих породах Ленинградской области. В таблице 1 представлены данные по валовому содержанию азота и углерода в органогенных горизонтах сосновых лесов (средние по 3–10 измерениям). Подбур образован на породах с большим содержанием скелетной части и легкосуглинистым мелкоземом, богатым полуторными окислами (Карельский перешеек, Кузнечное), подзолы иллювиально-железистые сформированы на песках с преобладающим содержанием кварцевой составляющей (до 90 %). В таблице 2 приведены данные исследования Игино Эммера (Emmer, 1995) по подзолам на чистых кварцевых песках в Нидерландах. Можно сделать предположение, что именно контакт минеральной части профиля с нижними подгорizontами лесных подстилок оказывает влияние на содержание азота в органогенных горизонтах. Полевое изучение этого явления осложняется значительной пространственной неоднородностью органогенных горизонтов, сезонной динамикой их свойств, разновременным поступлением опада разного качества и с разными характерными временами разложения, влиянием корней: поглощения элементов питания, их эксудативная деятельность, отпад, поступающий непосредственно в лесную подстилку в трудноконтролируемых количествах.

Не проводя полной аналогии между лабораторными экспериментами и естественными процессами, вполне вероятно допустить, что минеральные субстраты оказывают значительное влияние на трансформацию органического вещества, особенно на первых стадиях зарастания нарушенных территорий, а в лесных почвах на бедных породах субклимаксных экосистем – на формирование нижних слоев лесных подстилок и гумусовых горизонтов под ними. Следует особенно подчеркнуть, что мониторинг параметров и изменений лесных подстилок и гумусовых горизонтов исключительно важен для оценки влияния лесохозяйственной деятельности, рекреации и загрязнения на лесные экосистемы.

Таблица 1. Изменение C/N в лесной подстилке сосновых лесов Ленинградской области.

Образец	Подбур, Кузнечное	Подзол иллювиально-железистый, Молодежное	Подзол иллювиально-железистый, Толмачево
L	55.0	34.9	43.1
F	45.4	33.4	41.4
H	34.9	30.8	44.8

Таблица 2. Изменение C/N в лесной подстилке разновозрастных сосновых лесов Нидерландов (Emmer, 1995). Почва: Подзол на кварцевых песках.

Образец	59 лет	95 лет	124 года
Опад	69	64	60
L	42	41	39
F	47	46	46
Hg	58	60	62
Hd	78	70	62

ЛИТЕРАТУРА

Надпорожская М.А., Чертов О.Г., Ковш Н.В. Сравнительная динамика потерь азота и углерода при трансформации органического вещества в модельных лабораторных опытах // Гумус и почвообразование. Сб. научн. трудов С.-Петербургского гос. аграрного ун-в. С. Петербург. 2000. С. 15–30.

Надпорожская М.А., Чертов О.Г., Ковш Н.В. Лабораторное моделирование трансформации растительного опада на разных стадиях формирования органического вещества почв. // Тр. Биол. НИИ СПбГУ. 2003а. С. 27–37.

Надпорожская М.А., Чертов О.Г., Ковш Н.В., Федорос Е.И., Львова Л.Б. Исследование влияния абиогенных факторов на трансформацию растительных остатков. // Тр. межд. конф. «Роль почвы в формировании ландшафтов». Казань. 2003б. С. 180–184.

Emmer I.M. Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* on poor sandy substrates. Amsterdam. 1995. 135 p.

Работа поддержана проектом РФФИ 10–04–00481.

УДК 58:502.654:504.064.36:574(470.1)

МНОГОЛЕТНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМЫ – КЛИМАТИЧЕСКИ АДАПТИРОВАННАЯ ФОРМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА НА СЕВЕРЕ

А.Н. Панюков., И.Б. Арчегова.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, panjukov@ib.komisc.ru

Во второй половине XX века отчетливо определилось усиление темпов промышленного освоения природных ресурсов территории Крайнего Севера, которая в соответствии с распределением земельного фонда СССР по природным поясам (Добровольский, Гришина, 1985) составляет около 30 % общей площади страны. К числу территорий, перспективных для добычи топливно-энергетического сырья, относится Республика Коми.

Бурное развитие в 50-х годах XX в. Воркутинского угольного месторождения на самом севере Республики Коми в зоне тундры, сопровождавшееся ростом численности населения, вызвало необходимость решения продовольственной проблемы, в частности, обеспечения населения г. Воркута продукцией животноводства. Созданные с этой целью в Заполярье хозяйства нуждались в местной кормовой базе, что явилось толчком к изучению возможности сельскохозяйственного использования тундровых (внепойменных) земель. Механический перенос земледельческого опыта из южных регионов в Заполярье оказался неприемлемым. С учетом условий Крайнего Севера сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН была разработана методика «залужения» – создания многолетних агроценозов – сеяных лугов, которые представляют собой эффективный способ использования земельных ресурсов материковой тундры, являются основой развития адаптивного земледелия и растениеводства на Севере. Возраст первого сеяного луга на данный момент составляет 50 лет. Весь этот период на лугу, находящемся в режиме хозяйственного пользования, ведутся наблюдения (мониторинг) за его состоянием, сопряженно изучаются основные структуры агроценоза (агроэкосистемы) – растительное сообщество и почва. Мониторинг подтверждает перспективность разработанного ранее комплекса приемов сельскохозяйственного использования тундровых внепойменных земель (создание, уход, использование сеяных многолетних лугов). Сельскохозяйственное освоение земельных ресурсов является одним из направлений комплекса

природопользования. Результатом процесса сельскохозяйственного освоения земель является замена природных экосистем на культурные моно- или маловидовые, что сопровождается потерей свойственного природной экосистеме видового разнообразия растительного сообщества, общей его продуктивности, влекущими за собой преобразование почвы. Почвенно-климатические условия тундры: короткий вегетационный период, медленное протаивание глубоко промерзающей почвы, длительное сезонное переувлажнение и тиксотропность верхнего минерального слоя – в значительной мере затрудняют обработку почвы. Применяющаяся в южных регионах обработка поверхности почвы плугом затруднена из-за тиксотропных свойств верхнего глеево-тиксотропного минерального слоя. И.С. Хантимером (1974) при освоении материковой тундры в Воркутинском районе применил многократную обработку дисковой, а затем рельсовой бороной, что дало возможность провести измельчение растительного покрова и его перемешивание с минеральным грунтом. Уничтожение теплоизолирующей лишайниково-моховой подстилки способствовало изменению режима промерзания-оттаивания, почва быстрее оттаивает и сбрасывает избыточную влагу. Древесные и моховые остатки, заделанные при освоении в верхний минеральный (глеево-тиксотропный) горизонт, оставаясь длительное время слаборазложившимися, способствуют улучшению физических свойств освоенного слоя. Увеличивается его порозность, улучшается водопроницаемость, уменьшается плотность (Биогеоценологические исследования..., 1979).

После оформления сеяного луга как агроэкосистемы стабильное функционирование ее поддерживается специально разработанной системой ухода и эксплуатации. Сохранение и поддержание морфологического строения, физических и химических свойств становится возможным, благодаря достижению экосистемой состояния динамического равновесия с условиями среды. При постоянстве агрорежима почвенные характеристики в течение длительного времени остаются без существенных изменений.

Мониторинг на сеяных лугах в тундре, созданных около полувека назад по принципу адаптивности, показал эффективность географически ориентированных приемов земледелия и растениеводства. Сеяные луга при соблюдении режима эксплуатации и ухода являются устойчиво функционирующими агроэкосистемами, в которых самовоспроизводятся основные структуры биогеоценоза – растительное сообщество и соответствующая ему культурная почва, как результат взаимодействия биоты с минеральным субстратом.

Создание многолетних агроэкосистем представляет собой способ экологически оптимального использования ограниченных почвенно-климатических ресурсов тундры. Он позволяет получать качественный корм в виде сена, силоса, пастбищной подкормки, сокращает приобретение завозных кормов, а также предохраняет освоенную тундровую почву от всех видов ускоренной эрозии.

УДК 631.4:631.8

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛУГОВЫХ ЛАНДШАФТОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.П. Паракшин, А.В. Курманская, К.Н. Крайнов

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», kafedra_ape@mail.ru

Географически Калининградская область расположена в подзоне южной тайги и характеризуется избыточным увлажнением, средней теплообеспеченностью, относительно выровненным температурным режимом с мягкой зимой, прохладным летом и длительным осенним периодом. Согласно почвенно-географическому районированию России территория региона входит в Европееко-Западно-Сибирскую таежно-лесную область подзолистых и дерново-подзолистых почв, зону дерново-подзолистых почв южной тайги, прибалтийскую провинцию дерново-подзолистых слабогумусированных и болотно-подзолистых почв (Добровольский, 2004).

Несмотря на свои небольшие размеры (площадь – 15.1 тыс. кв. км), Калининградская область отличается довольно разнообразными ландшафтами, со своими особенностями рельефа, почв, растительности, водных систем, т.е. всего того, что придает ландшафту определенную неповторимость. На фоне обычного для Прибалтики равнинно-холмистого рельефа выделяются приподнятые плато, возвышенности, полого-волнистые равнины, плоские низменности с присущим им почвенным покровом и растительностью. В значительной степени они введены в сельскохозяйственный оборот и заняты пашнями, лугами и пастбищами.

Луговые ландшафты в Калининградской области занимают более 400 тысяч гектаров, из них 122 тысячи гектаров приходится на сенокосы, а 279 тысяч гектаров – на пастбища (по данным на 2005 год). Современный почвенный покров характеризуется большой пестротой, мозаичностью, которая обусловлена разнообразием почвообразующих пород, рельефа, режимов увлажнения, растительности и в большей мере длительным антропогенным воздействием (Паракшин, 2006).

В результате крупномасштабных мелиоративных работ за столетие около 80 % территории области охвачено искусственными осушительными системами, которые за последние 20–30 лет во многих местах вышли из строя. В этих условиях прогресс сельскохозяйственного производства имел обратной стороной усиление промывного режима в почвах, ускорение миграции биогенных элементов и, в конечном итоге, снижение естественного плодородия почв. Самым очевидным последствием этого является эвтрофикация рек, озер, заливов, которая резко усилилась с использованием не только органических удобрений, но и значительных доз минеральных удобрений в 60–80-е годы 20 столетия.

Являясь источником дешевых кормов довольно высокого качества, сенокосные и пастбищные экосистемы области на значительных площадях представлены малопродуктивными разнотравьями. Процессы деградации пастбищ и сенокосов, связанные в основном с негативным антропогенным влиянием, привели к утрате способности растительных организмов и экосистем к самовозобновлению и саморегуляции, а это в свою очередь – к обеднению луговой флоры, снижению кормового достоинства луговых ценоэлементов и, как следствие, к коренной перестройке растительного покрова.

Все природные кормовые угодья области можно подразделить на абсолютные и нормальные суходолы; суходолы временного избыточного увлажнения; низинные сенокосы и пастбища и пойменные луга.

1. Абсолютные и нормальные суходолы, залегающие на повышенных элементах рельефа, имеют растительный покров, представленный, чаще всего, мелкозлаково-разнотравными ассоциациями с участием мятликов лугового и обыкновенного, гребенника обыкновенного, райграса пастбищного, амории ползучей и разнотравья. Данные угодья являются лучшими пастбищами. Почвенный покров здесь представлен, главным образом, дерново-подзолистыми среднесуглинистыми, легкосуглинистыми и супесчаными почвами. Содержание гумуса в зависимости от гранулометрического состава варьирует от 1.5 до 3.5 % в верхнем горизонте. Степень кислотности колеблется от среднекислой до слабокислой (4.5–6.0). По содержанию подвижного фосфора почвы относятся к слабообеспеченным и среднеобеспеченным (2.5–10.0 мг/100 г). За последние 20 лет его количество уменьшилось на 20–30 % от общих запасов. Содержание же обменного калия в почвах суходолов колеблется от среднего к повышенному (8.5–18.0 мг/100 г).

2. Суходолы временного избыточного увлажнения приурочены к равнинным ландшафтам с повышенным уровнем залегания грунтовых вод (1.5–2.5 м), капиллярная кайма которых весной и после сильных дождей доходит до элювиального горизонта. Растительный покров здесь представлен разнотравно-злаковыми ассоциациями с преобладанием ценных в кормовом отношении верховых и полуверховых злаковых трав – овсяницы луговой, лисохвоста лугового, тимopheевки луговой, ежи сборной. Использование угодий главным образом сенокосное. При исключении сенокосения засоряются бухарником шерстистым, бодяком обыкновенным, лютиками. На этих ландшафтах сформировались дерново-слабоподзолистые глееватые разного гранулометрического состава почвы. Глееватость представлена сизыми и ржавыми пятнами на глубине 50–80 см. Реакция среды более кислая. Обеспеченность подвижными элементами фосфора – низкая, калия – средняя и повышенная.

3. Низинные сенокосы и пастбища сформировались в межгрядных и межувалястных понижениях, вокруг болот, в мезозападинах и других рельефных образованиях с высоким уровнем залегания грунтовых вод (0.8–1.8 м). Дерново-слабоподзолистые почвы, которые здесь являются фоновыми, характеризуются сильной оглеенностью, которая проявляется уже с глубины 20–30 см. Реакция среды кислая, почвы слабо обеспечены подвижными формами фосфора и калия. Высокое залегание грунтовых вод и сильное оглеение способствовали формированию специфического растительного покрова с выраженным господством мезогигрофитов и гигрофитов – щучки дернистой, ситников, осок, грубостебельного разнотравья. При регулировании водного режима и улучшении на данных угодьях можно формировать ценные луговолисохвостные сообщества.

4. Пойменные луга приурочены к поймам малых и средних рек, густота которых на территории области составляет 1 км на 1 км² площади. Аллювиальные почвы, формирующиеся в поймах рек при периодическом затоплении паводковыми водами и отложении на поверхности аллювия (наилка) можно подразделить на три группы по характеру водного режима (Анциферова, 2008):

– дерновые – развиваются в условиях кратковременного затопления паводковыми водами под разнотравно-мятликовыми травостоями с участием кульбабы осенней, подорожников, овсяницы красной, некоторых представителей бобовых. Имеют песчаный и супесчаный состав, бедны гумусом, обычно приурочены к прирусловой части поймы;

– луговые – развиваются в условиях затопления паводковыми и грунтовыми водами, формируются под влаголюбивой травянистой растительностью с участием двукисточника тростниковидного, вейников, осок, часто закустарены. Почвы характеризуются наличием обычно хорошо выраженной комковато-зернистой структуры, богаты основаниями и органическим веществом, приурочены к центральной пойме;

– болотные – развиваются в условиях длительного паводкового и атмосферно-грунтового затопления, характеризуются накоплением торфа, ила. Типична болотная растительность, почвы обычно приурочены к притеррасной пойме.

Около 102 тысяч гектаров занимают пойменные угодья, расположенные в прибрежной зоне Куршского залива и вдоль реки Неман (Амелина, 2000). Большая часть пойменных земель осушается открытой дренажной сетью. Вода из каналов перекачивается в заливы с помощью водонасосных станций. Пойменные земли – прекрасные сенокосы, с которых можно получать высокие урожаи многолетних трав. В покрове травостоя преобладают ценные злаковые и бобовые виды: лисохвост луговой, овсяница луговая, ежа сборная, кострец безостый, мятлики луговой и обыкновенный, клевер луговой, амория ползучая и другие виды. Однако, значительная часть пойменных земель в настоящее время нуждается в регулировании водного режима, имеют повышенную кислотность. Ценные в кормовом отношении виды выпадают из состава травостоя и заменяются малоценными и неподаемыми злаками – щучкой дернистой, вейниками, бухарником шерстистым, также появляется грубостебельное разнотравье, сорные растения – бодяк полевой, щавель конский, лютики. Травостои с преобладанием осок и ситников, даже имеющие в составе определенную часть ценных злаковых трав, малоценны в кормовом отношении и практически не используются. Такие участки подвергаются закустариванию и подлежат коренному улучшению.

Сохранение и рациональное использование лугов невозможно без детальных исследований экологии видов и особенностей их популяционной организации, ценотипов и функционирования фитоценозов, биоценоза в целом. С этой целью исследованы экосистемные участки сенокосного и пастбищного использования и выявлены основные направления трансформации растительного покрова и смен растительных сообществ в зависимости от их антропогенного использования.

Детальные изыскания проводились на юго-западе Самбийского полуострова в хозяйствах «Мельниково» и «Муромское», где было заложено 10 площадок, каждая из которых представляла парагенетическую ассоциацию сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов. Здесь с заложением шурфов и отбором образцов изучался почвенный и ботанический состав разных фаций.

Наши исследования за последние 5–7 лет свидетельствуют, что большая часть почв лугов и пастбищ региона переувлажнена вследствие выхода из строя старой мелиоративной системы. Происходит повсеместное заболачивание, закисление, глееобразование, на склоновых участках в местах перевыпаса отмечается развитие водной эрозии.

Для выявления и оценки состояния резервов и экологических ресурсов пастбищных и сенокосных угодий Калининградской области необходимо создание экологического мониторинга кормовых угодий, концептуально входящего в экологический мониторинг Калининградской области и деятельность которого позволила бы оценить состояние природных растительных сообществ и их антропогенных модификаций. Изучение структуры, видового разнообразия, урожайности и других показателей развития фитоценозов, с учетом антропогенных факторов воздействия, позволит выявить флористическое и ценотическое состояние растительных сообществ. Программа и методика экологического мониторинга при этом должны базироваться на выявленных закономерностях отклика растительности и отдельных видов растений на воздействие наиболее жестких природных и антропогенных факторов.

Как показал анализ исследований лугов и пастбищ Калининградской области прошлых лет и настоящего времени, большая часть этих угодий обладает низкими показателями качества – переувлажнена, засорена рудеральной растительностью, имеет неблагоприятные почвенные показатели (кислую реакцию среды, неудовлетворительный запас питательных веществ, а на склоновых участках развитие водной эрозии).

Для оптимизации лугопастбищного хозяйства требуются большие капиталовложения, связанные с нормализацией мелиоративной сети, известкованием, внесением расчетных доз удобрений и другими мероприятиями, а также, что немаловажно, проведением научных изысканий почвенно-ботанического характера, что в конечном итоге выведет животноводство Калининградской области на качественно более высокий уровень.

ЛИТЕРАТУРА

Амелина М.А. Кормопроизводство в условиях Калининградской области / М.А. Амелина, Л.С. Еремеева. – Калининград: изд-во Янтарный сказ, 2000. – С.9–10.

Анциферова О.А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. Ч.2. / О.А. Анциферова. – Калининград: изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – С. 130–131.

Добровольский Г.В. География почв / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: Колос, 2004. – 460 с.

Паракшин Ю.П. Эколого-почвенное состояние лугов и пастбищ Самбийского плато / Ю.П. Паракшин, В.Ю. Кулбасова, В.И. Панасин // Известия КГТУ, 2006. – № 10. – С. 99–109.

УДК 631.452

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА СЕВЕРЕ

В.Н. Переверзев

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина Кольского
научного центра РАН, Апатиты Мурманской обл., vnpereverzev@mail.ru

Интенсификация сельскохозяйственного производства требует более эффективного использования пахотных земель, рациональных методов воздействия на освоенные почвы, научно обоснованных способов применения минеральных и органических удобрений. В связи со специфичностью природных условий окультуривание почв в Мурманской области имеет ряд особенностей, вследствие чего здесь невозможно в полной мере использовать приемы окультуривания почв, разработанные для условий средней полосы европейской части России. Среди вовлекаемых в сельскохозяйственное производство почв ведущее место занимают Al-Fe-гумусовые подзолы на моренных или флювиогляциальных песчаных отложениях.

В естественном состоянии подзолистые почвы отличаются невысоким плодородием, имеют повышенную кислотность, бедны питательными веществами в доступных для растений формах, содержат мало органического вещества, в составе которого преобладают фульвокислоты. В процессе окультуривания, которое должно сопровождаться, помимо применения комплекса агротехнических приемов (качественная обработка, борьба с сорняками и др.), внесением достаточно высоких норм органических и минеральных удобрений, а также известкованием, происходит существенное изменение плодородия подзолистых почв.

Освоение подзолистых почв вызывает коренную перестройку их профиля: удаляется лесная подстилка, играющая большую роль в почвенных процессах, нарушается свойственное естественным почвам сложение, перемешивается минеральная масса верхних генетических горизонтов. В результате формируется пахотный слой определенной мощности, почва приобретает своеобразную двучленность: пахотный горизонт четко отграничен от подпахотной толщи почвы, незатронутой освоением. По физическому состоянию, химическим и физико-химическим свойствам эти спои резко различны. В пахотном слое аккумулируются органическое вещество, питательные элементы, он обладает достаточно благоприятными физическими свойствами (аэрацией, влагоемкостью), благодаря известкованию реакция его в хорошо окультуренных почвах слабокислая или близкая к нейтральной. Подпахотные слои сохраняют свойства, присущие им в целинных почвах: значительное уплотнение, слабую гумусированность, бедность питательными веществами, высокую кислотность.

В зависимости от интенсивности окультуривания (периодичности и глубины механической обработки, качества и норм внесения органических удобрений, регулярности известкования) степень окультуренности пахотных почв может существенно различаться. Выявлены показатели плодородия по четырем рангам окультуренности, отвечающим определенным уровням продуктивности сельскохозяйственных культур.

Определены пути эффективного использования почв для получения экологически качественной сельскохозяйственной продукции, выявлена роль удобрений в создании и поддержании эффективного плодородия окультуренных почв. Разработанные системы применения удобрений позволяют не только поддерживать на высоком уровне эффективное плодородие, но и создавать потенциальное плодородие окультуренных почв как основу устойчивости агрофитоценозов в суровых климатических условиях Севера.

Применение прогрессивных методов агротехнического и агрохимического воздействия на окультуренные почвы позволяет в полной мере использовать ограниченные климатические ресурсы для получения высоких и устойчивых урожаев кормовых культур.

УДК 631.42 : 631.417.4

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ НА СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г.В. Пироговская

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Республика Беларусь, brissa_pir@mail.ru

Направление и интенсивность трансформации органического вещества в почвах сельскохозяйственных угодий определяется совокупностью как естественных факторов почвообразования (гранулометрического состава почв, их водного и температурного режимов), так и антропогенным воздействием (обработкой почвы, дозами и видами вносимых удобрений, возделываемыми сельскохозяйственными культурами и т.д.). При оценке влияния отдельных агротехнических приемов на изменение состава и свойств гумуса, в первую очередь, необходимо изучить трансформацию водорастворимого и лабильного органического вещества, так как они наиболее чувствительны к воздействию антропогенных факторов, а также почвенной биоты.

Обобщение и анализ данных (1976–2008 гг.) агрохимического обследования почв пахотных и луговых земель Республики Беларусь по динамике обеспеченности гумусом, а также лизиметрических исследований (1980–2010 гг.) по изменению содержания и запасов органического вещества в наиболее распространенных почвах республики, свидетельствует о нарастающих масштабах увеличения органического вещества по всем областям на почвах разного гранулометрического состава (глинистых и суглинистых, супесчаных и песчаных) и, в целом, по республике: средневзвешенные значения содержания гумуса к 2008 г. увеличились на 0.37 % в Брестской и Гомельской областях; на 0.35 % – Витебской; 0.31 % – Могилевской; 0.29 % – Минской; 0.15 % – Гродненской; по Республике Беларусь – на 0.31 %. Однако, в последнее десятилетие (1997–2001 – 2005–2008 гг.) содержание гумуса уменьшилось в пахотных почвах по Гомельской и Могилевской областях на 0.11 %, Брестской – 0.08, Минской – 0.05, Гродненской – 0.03 и по республике – на 0.03 %.

Содержание органического вещества в наиболее распространенных дерново-подзолистых почвах (по данным лизиметрических исследований) увеличилось к 2009 г., по сравнению с исходным его содержанием (1980 г.): в пахотном горизонте почв от 0.23 (связносупесчаная, подстилаемая моренным суглинком) до 1.08 % (почвообразующая порода – лессовидный суглинок), в подпахотном горизонте – от 0.09 (легкосуглинистая, подстилаемая моренным суглинком) до 0.47 % (песчаная). Среднегодовой (за 29 лет) прирост содержания гумуса в пахотном горизонте дерново-подзолистых почв был в пределах от 0.008 до 0.037 %, в подпахотном – от 0.003 до 0.016 % в зависимости от гранулометрического состава почв. Абсолютные запасы органического вещества в слое 0–50 см дерново-подзолистых почв увеличились на 18.9–37.7 т/га и составляли: в легкосуглинистой почве – 108.9 и 161.6 (агрозем) т/га, в лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком – 100.4; лессовидном суглинке, подстилаемом рыхлыми песками – 99.6 т/га; связносупесчаной, подстилаемой моренным суглинком (агрозем) – 236.2 т/га, рыхлосупесчаной, подстилаемой рыхлым песком – 105.5 т/га, песчаной – 93.0 т/га (26.2 % от общих запасов гумуса находятся в подпахотном горизонте, что свидетельствует о высокой его миграционной способности).

Содержание подвижных (лабильных) гумусовых веществ и их долевое участие в составе общего гумуса изменялось в зависимости от типа почв и их гранулометрического состава, а также от уровней применяемых удобрений и способа их сельскохозяйственного использования: в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в пахотном горизонте их содержание находилось в пределах от 18.1 до 30.7 % от общего содержания органического вещества; в почвообразующей породе – 15.8–19.4; связносупесчаных, подстилаемых моренными суглинками 19.2–25.5; рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками – 23.6–25.3; в песчаных – 28.6–32.6 %. Соответственно, эти показатели в подпахотном горизонте на легкосуглинистых почвах составляли 11.9–43.4 %, супесчаных – 32.8–49.6, песчаных – 37.1–47.6 %. В дерново-глеевой супесчаной (в слое почв 0–25 см), используемой с 1980 г. под многолетними травами, оно составляло 27.0–28.3 %; торфянисто-глеевой – 13.1–35.7, торфяной – 9.0–9.8 %, в торфяной, используемой в севооборотах под сельскохозяйственными культурами – 16.9–41.3 %.

Потери водорастворимого органического вещества из слоя почв 1.0–1.5 м изменялись в зависимости от количества выпавших осадков, их инфильтрации, типа и гранулометрического состава почв, применяемых агротехнических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур: в частности, в севообороте – люпин (2006 г.) – гречиха (2007 г.) – картофель (2008 г.) – просо (2009 г.) – овес+промежуточная культура (2010 г.) они составляли из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы – 57.6 кг/га; легкосуглинистой (агрозем) – 92.0; связносупесчаной (агрозем) – 79.2; рыхлосупесчаной – 77.6 и из песчаной – 89.8 кг/га. Во все годы исследований наблюдались высокие потери ВОВ из торфяной почвы, используемой в севообороте: в 2008 г. – 52.2 кг/га; 2009 г. – 145.1; 2010 г. – 163.3 кг/га. Потери ВОВ из слоя 1.0–1.5 м дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почв были максимальными при не сбалансированных или повышенных дозах внесения удобрений и составляли в среднем за 2005–2010 гг.: при дозе $N_{71}P_{48}K_{113}$ из легкосуглинистой почвы – 61.8 кг/га, при $N_{101}P_{63}K_{148}$ – 89.8 кг/га; соответственно из рыхлосупесчаной – 84.7 и 94.9 кг/га.

Содержание нитратного азота в лизатах, из слоя 1.0–1.5 м дерново-подзолистых почв, изменялось в зависимости от гранулометрического состава почв и сезонности года. Среднегодовое (1981–2010 гг.) его количество в легкосуглинистых почвах составляло 16.6–24.3 мг/л; связносупесчаной (агрозем) – 29.5; рыхлосупесчаной – 22.8 и песчаной – 30.6 мг/л. На дерново-подзолистых почвах, преимущественно легкого гранулометрического состава, в весенний и осенне-зимний периоды года, концентрация нитратного азота превышала предельно допустимое значение (45.0 мг/л). Среднегодовые (за 1981–2010 гг.) потери нитратного азота были самыми высокими из дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава: из рыхлосупесчаных – 39.8 кг/га и песчаных – 54.1 кг/га, а из легкосуглинистых – 12.1 кг/га.

Перспективными агротехническими приемами, обеспечивающими увеличение органического вещества в почвах пахотных угодий и снижение миграции водорастворимого органического вещества, нитратного азота в окружающую среду являются:

- увеличение объемов внесения органических удобрений и использование других дополнительных источников поступления органического вещества в почву (соломы, промежуточных культур, расширение доли многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей, оптимизация соотношения травяного клина к площади пропашных культур);

- внесение оптимальных доз органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на почвах разного типа и гранулометрического состава, так как при не сбалансированном внесении минеральных удобрений, высоких дозах органических и минеральных удобрений, потери ВОВ и нитратного азота при выщелачивании возрастают;

- применение в сельскохозяйственном производстве медленнодействующих удобрений, обеспечивающих снижение потерь водорастворимого органического вещества (на 15–20 %), азота (на 21–47 %) и других элементов питания (кальция, магния – на 10–15 %), что уменьшает загрязнение водных ресурсов органическими и вредными азотистыми соединениями, по сравнению с использованием стандартных туков.

ОСУШИТЕЛЬНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ КАК ФАКТОР РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ
ПРОФИЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ ПРЕДКАРПАТЬЯ УКРАИНЫ

С.М. Польшина*, О.В. Лобова**

*Черновицкий национальный университет, **Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины, fampol@mail.ru

Профильно-дифференцированные почвы, занимающие значительные массивы на территории Предкарпатья Украины, в национальной классификации определены как буроземно (буровато) – подзолистые глеевые. Они являются объектом пристального внимания почвоведов на протяжении многих лет, но до настоящего времени вопрос об особенностях их генезиса так окончательно и не решен. Эти почвы достаточно интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве после проведения гидротехнических мелиораций, которые осуществлялись локально в начале и особенно интенсивно – в 60-х гг. XX ст.

Нами изучалось влияние осушительных мелиораций на изменение основных свойств этих почв, их водного режима и направленности почвенных процессов. Исследованиями были охвачены наиболее характерные типы землепользования Предкарпатья: лес, сенокос, осушенный закрытым гончарным дренажем в 1974 году и пастбище, осушенное закрытым гончарным дренажем в 1914 году. Основными морфологическими различиями почвы под сельскохозяйственными угодьями, по сравнению с почвой под лесом, являются большая мощность гумусово-элювиального горизонта (вследствие распашки), «опускание» нижней границы элювиального горизонта, нивелирование морфохроматических признаков оглеения. Эти отличия, в первую очередь, обуславливаются изменением типа водного режима, особенности формирования которого изучались на протяжении многих лет в разных частях Предкарпатья – как для лесной почвы, так и для осушаемой.

Водный режим этих почв определяется характером и величиной осадков – особенно динамичные в этом отношении верхние 40 см – для них характерны значительные амплитуды колебаний влажности (от 20 до 50 % абсолютной влаги). Резко поднимается влажность после обильных дождей. Вниз по профилю амплитуда колебаний уменьшается и наименьшая характерна для слоя 60–80 см (от 15 до 30 %). Дальнейшее ее увеличение с глубиной свидетельствует о том, что верхняя часть профиля находится под воздействием атмосферных осадков, а с глубины 70–80 см на влажность начинает влиять верховодка, которая периодически формируется в данных почвах. УГВ поднимается и смыкается с зоной переувлажнения, возникающей в период снеготаяния, затяжных дождей летом, в осенний и зимний периоды. Чаще зеркало верховодки в таких случаях располагается на глубине около 60–80 см. В средний за количеством осадков, а тем более – в сухой год летом влажность почвы значительно не повышалась. Тип водного режима почвы в лесу по годам исследований несколько отличался: во влажные годы и во влажные периоды почва промывалась до глубины 1 м, а в сухие влажность опускалась ниже ВРК, но не ниже ВУ. Таким образом, для почв под лесом характерен промывной тип водного режима с продолжительным застаиванием влаги в верхней части профиля. На дренированных участках в целом влажность почвы изменялась в других диапазонах. Здесь она всегда несколько меньше, амплитуда колебаний не настолько значительная. Диапазон влажности здесь преимущественно колеблется в пределах ВРК–НВ. Дренаж в отдельные периоды не справлялся с быстрым отводом поверхностных вод и пахотный слой дренированной почвы редко, но испытывал переувлажнение. Во всем профиле осушаемой почвы чаще наблюдается уменьшение влажности до ВУ–ВРК. Таким образом, что вполне закономерно, в этом случае формируется осушительный тип водного режима.

Описанные свойства режима увлажнения объясняют характерные морфологические и генетические особенности буровато-подзолистых почв: развитие в верхней части профиля глее-элювиальных процессов, пятнистость почвы, вызванную процессами сегрегации полутораоксидов, наличие железисто-марганцевых конкреций и затеканий материала элювиального горизонта в иллювий. В связи с изменением режима влажности под влиянием осушения следует ожидать также трансформации направленности элементарных почвенных процессов.

Водно-воздушный режим почвы в первую очередь определяется климатическими факторами, степенью дренированности территории, но и не в последнюю – водно-физическими свойствами, которые характеризуются его гидрологическими константными показателями (табл.).

Отмечены существенные различия в показателях характеризующих свойства почвы по генетическим горизонтам, что типично для резко профильно-дифференцированных почв и является причиной формирования в них типа водного режима, описанного выше. Изменение свойств буровато-подзолистых почв при проведении осушительных мелиораций – общее уменьшение плотности, некоторое увеличение максимальной гигроскопичности, МГ, влажности увядания, ВУ, влажности разрыва капиллярной связи, ВРК, наименьшей влагоёмкости, НВ, снижение полной влагоёмкости, ПВ и усиление дифференциации профиля почвы за этими показателями – объясняются интенсификацией процессов лессиважа, увеличением содержания гумуса в верхних горизонтах из-за усиления дернового процесса, снижением интенсивности глеевых процессов в почве. Изменение характера почвообразования в результате внедрения интенсивного антропогенного фактора прямо действовало на свойства твердой фазы почвы. Во временном разрезе, при сравнении влияния дренажа разного срока использования, отмечена тенденция к стабилизации типичных параметров свойств почвы со временем.

Таблица. Свойства буровато-подзолистых оглеенных почв Прикарпатья

Горизонт	Глубина, см	Плотность почвы	Плотность тв. фазы	Ил	МГ	Гумус	ВУ	ВРК	НВ	ПВ
		г/см ³								
Разрез 1, лес										
He	4–16	1.27	2.63	11.8	5.79	2.60	8.68	20.8	29.7	47.8
Egl	16–31	1.38	2.69	15.2	5.32	2.01	7.98	20.0	28.6	32.5
Eigl	31–43	1.45	2.68	20.6	7.34	1.17	11.0	18.0	25.8	29.9
Igl	43–100	1.46	2.70	26.8	8.37	0.81	12.6	18.2	25.9	27.6
Pigl	>100	–	2.61	23.2	8.90	0.43	13.4	18.9	26.9	27.1
Разрез 2, сенокос осушенный (дренаж 1974 года)										
He	0–23	1.23	2.59	22.9	8.25	2.72	12.4	25.1	35.8	38.7
Ehgl	23–35	1.35	2.61	22.3	9.33	1.46	14.0	24.2	34.5	37.1
Igl	35–100	1.51	2.64	29.8	9.52	0.86	14.3	22.8	30.6	32.5
Pigl	>100	–	2.61	27.2	8.17	0.65	12.2	24.0	27.0	35.2
Разрез 3, пастбище осушенное (дренаж 1912 года)										
He	0–28	1.18	2.54	15.9	13.0	2.86	18.0	22.0	31.5	42.9
Ehgl	28–44	1.28	2.64	18.7	5.80	2.36	8.70	19.6	28.0	43.0
Eigl	44–61	1.35	2.64	23.3	5.80	2.34	8.70	18.1	25.9	29.2
IPgl	61–124	1.47	2.67	27.7	10.2	1.00	15.3	18.1	25.9	26.1
Станд. отклонение		0.11	0.05	5.54	2.26	0.83	3.11	2.70	3.15	6.84

Итак, буровато-подзолистые оглеенные почвы относятся к типичным резко профильно-дифференцированным переувлажненным почвам средней гранулометрии с характерными для этих почв свойствами, далеко неблагоприятными. Сельскохозяйственное использование и гидротехническая мелиорация заметно влияют на изменение их свойств, а через них – на формирование водно-воздушного режима и наоборот. В общем, направленность этих изменений можно считать положительной, что доказывает важную роль осушения этих почв в повышении их эффективного плодородия в случае необходимости их использования в сельскохозяйственном производстве.

УДК 631.10

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОМ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВ НА ГУМУСОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

Л.Н. Пуртова

Учреждение Российской академии наук Биолого-почвенный институт ДВО РАН,
purtova@ibss.dvo.ru

Культивация и вспашка в сочетании с применением органических и минеральных удобрений относятся к основным приемам обработки почв, способствующих восстановлению их плодородия. Установлено, что применение соломы в дозе 10–20 т/га приводит к существенному увеличению количества органического вещества почв (Чимиртоджиева, 1990). Между тем, без дополнительного внесения минерального азота, заделка соломы оказывает отрицательное влияние на культуры, обу-

словенное образование некоторых токсических соединений при разложении соломы и ухудшением азотного питания растений в результате процесса иммобилизации азота в почве (Верменченко, Мишустин, 1980). Цель работы исследование общих закономерностей в изменении гумусово-энергетических показателей агротемногумусовых почв Приморья при различных системах обработки почв (культивация, вспашка) с применением соломы и минеральных удобрений.

В задачу исследований входило изучение динамики изменения водорастворимого углерода, а также основных гумусово-энергетических показателей почв при различных системах обработки почв с использованием соломы и минеральных удобрений. Исследования проводились на вариантах полевого опыта Прим НИИСХ в посевах сои по схеме 1. контроль. 2. Солома+ минеральные удобрения. 3. Солома. (культивация), 4, 5, 6, тоже вспашка. Отбор почвенных образцов проводили в мае, августе и октябре. Установлено, что в летне-осенний период, для всех исследуемых вариантов, увеличилось содержание водорастворимого углерода (со средних до выше средних значений). При этом более высокие средние показатели содержания водорастворимого углерода (Св) были свойственны для вариантов 2 и 5 с внесением соломы (0.99, 1.1 Св в % от С общ.). Для данных вариантов, по сравнению с контролем, зафиксировано и более резкое снижение содержания гумуса с 4.05 до 2.87 % (культивация), с 3.15 до 2.67 % (вспашка). На наш взгляд, связано это с усилением процессов разложения органического вещества, из-за возрастания активности почвенной микрофлоры. Между содержанием гумуса и Св установлены обратные корреляционные связи ($r = -0.90$). Средние показатели содержания гумуса, согласно оценочным шкалам, предложенным Орловым Д.С. с соавторами (2004) в агротемногумусовых почвах в их пахотных горизонтах при культивации соответствовали уровню ниже средних (4.05 %) и низких значений (2.87 %) и составили на вариантах: 1 – 4.05 %; 2 – 3.59 %; 3 – 2.87 %. На вариантах со вспашкой они несколько снижались (4 – 3.15 %; 5 – 3.33 %; 6 – 2.67 %). Параметры энергетических запасов почв (в слое 20 см), связанных с содержанием гумуса (Qг), изменялись от средних до низких значений. Более высокие параметры Qг установлены на вариантах с культивацией почв. Средние показатели Qг в которых составили: 1 – 436; 2 – 411; 3 – 328 млн. ккал/га. На вариантах со вспашкой они соответственно составили на вариантах 4 – 342; 5 – 365; 6 – 293 млн. ккал/га. Изменений в типе гумуса не установлено. Гумусообразование протекало по фульватно-гуматному типу. Существенные изменения прослеживались в содержании «свободных» фракций гуминовых кислот.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что наиболее позитивные изменения в гумусово-энергетических параметрах почв на вариантах полевых опытов в посевах сои происходят с применением минеральных удобрений с внесением соломы, как при вспашке, так и при культивации почв. При этом при вспашке на варианте опыта с внесением соломы и минеральных удобрений, по сравнению с контролем количество гумуса возросло с 3.15 до 3.33 %, и привело к возрастанию энергетического потенциала почв (с 342 до 365 млн.ккал/га), что является положительным моментом при совместном применении соломы и минеральных удобрений.

УДК 631.4

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ И РЕЖИМОВ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «БЕЛОГОРЬЕ»

О.В. Романов¹, А.А. Савицкий²

¹Санкт-Петербургский государственный университет ov_romanov@mail.ru

²УНБ «Дубрава» СПбГУ, заповедник «Белогорье» Белгородская обл., asavitzky@mail.ru

Наиболее сложным вопросом экологической оценки почв является выбор независимых и достаточных параметров, однозначно характеризующих свойства и режимы почвы. Пространственная организация всегда являлась важнейшей диагностической характеристикой почвы. Для познания пространственной (объемной) организации почвенного покрова как центрального звена наземной экосистемы особое значение имеет оценка континуальности почвенного покрова как единства непрерывности и дискретности. Многие авторы уже сравнительно давно указывали на необходимость перейти от изучения индивидуальных механизмов на уровне горизонта к исследованию сложных комбинаций процессов уже на уровне почвенного профиля и почвенного индивидуума (Таргульян В.А. и др.; Карпачевский Л.О., Шеин Е.В.). В настоящее время антропогенный фактор активно способствует нарушению естественных экосистем. Наиболее сильным антропогенным воздействием на территории Белгородской области является высокая степень сельскохозяйствен-

ного освоения: доля пахотных земель здесь составляет 68 %, садов сенокосов и пастбищ – 14 %; лесов (включая кустарники) – только 9.6 %. Поэтому ненарушенных степных участков в области практически не осталось. Влияние распашки проявляется в процессах дегумификации (за последние 40 лет запасы гумуса снизились на 8–10 %) и разрушения почвенной структуры, что приводит к развитию водной и ветровой эрозии. Орошение пахотных чернозёмов также вызывает разрушение почвенной структуры, уплотнение и слитизацию почв. Активная разработка полезных ископаемых Курской магнитной аномалии методом открытой добычи в крупнейших в мире Лебединском и Стойлинском карьерах, переработка сырья на близлежащих горно-обогатительных комбинатах вызывает серьёзное загрязнение окружающей среды, в том числе почв, токсичными веществами.

Исследования проводили в заповеднике «Белогорье», в нагорной широколиственной 300-летней дубраве «Лес на Ворскле» (площадью 1038 га) и на участке луговой степи – системе балок «Острасёвы Яры» (площадью 90 га, заповедан с 1995 г.). Многолетние исследования сотрудников заповедника и Санкт-Петербургского государственного университета представлены в обширных публикациях (Растворова О.Г., Счастлива Л.С., Касаткина Г.А., Фёдорова Н.Н., Попов А.И., Чуков С.Н., Цыплёнков В.П., Зуев В.С., Романов О.В. и др.). Климат – умеренно-континентальный, среднегодовая температура +6.2 °С, января – –8.1 °С, июля +19.9 °С. Температурные максимумы атмосферного воздуха составляют от 37 до +40 °С, поверхности почвы – до +60 °С. За 20 век среднегодовая температура повысилась на 0.9 °С. В последнее 10-летие 20 века – 7 лет были самыми теплыми за столетие. Среднегодовая сумма $t > 10\text{ °C} = 2600\text{ °C}$, 233 дня с $t > 0\text{ °C}$. Осадки неравномерны как по сезонам, так и по годам и десятилетиям (в среднем, 537 мм/год: колебания от 360 до 802 мм). Большая часть осадков выпадает летом в виде ливней. Снежный покров сохраняется 3–4 месяца, мощностью 20–25 см (часто снег сдувается в овраги, и на открытых местах промерзание достигает 60 см; в лесу мощность снегового покрова достигает 60 см., и почва часто не промерзает). Весеннее промачивание почвы происходит до глубины 150 см и основной влагозапас создаётся только весной. Грунтовые воды залегают двумя горизонтами: на глубине 15 м (третичные отложения) и 50 м (мел). Испаряемость составляет в среднем 700 мм/год (реально – выше за счёт частых ветров и суховеев). Наблюдается неустойчивость и нерегулярность выпадения осадков: частые засухи (2–4 года из 10 лет), в лесу начинается летний листопад. Коэффициент увлажнения варьирует в среднем от 0.9 до 1.0. Таким образом, климат заповедника имеет достаточную теплообеспеченность, но нерегулярное поступление влаги. Тип водного режима – непромывной, с весенним промачиванием почвенного профиля до глубины 100–150 см. Современные формы рельефа – это многочисленные балки и овраги (яры), прорезающие высокие коренные берега рек. Их развитию способствует несколько факторов: доминирование склоновых позиций в коренных формах рельефа (72 % территории области, причём на 30 % территории уклоны составляют более 3°); антропогенное нарушение почвенного и растительного покрова (распашка склонов, прокладка дорог, перевыпас скота); ливневой характер осадков и развитие линейной водной эрозии; легкая размываемость лёссовых отложений; карстовые просадки, что связано с карбонатностью лёссовых отложений. Возраст оврагов и балок колеблется от нескольких сотен до десятков лет (относительно молодые растущие овраги имеют глубину до 30 м и крутые склоны). В среднем на 1 км² площади приходится 1.3 км линейной протяженности овражно-балочной сети. Территория сильно расчленена и рельеф можно характеризовать как *увалисто-долинно-балочный*.

Среди почвообразующих пород, возникших в четвертичный период следует отметить *красно-бурые тяжёлые суглинки и глины*. Эти плотные (1.6 г/см³), с высокой влагоёмкостью и низкой водопроницаемостью породы, богатые биофильными элементами, – часто встречаются в верхней части склонов правого коренного берега р. Ворскла. Наибольший интерес представляют *лессовидные суглинки*, залегающие на олигоценых отложениях и покрывающие почти всю территорию района (плащеобразно, мощностью от 2 до 15 м). На территории заповедника в толще лессовидных суглинков можно выделить несколько слоёв (до 3-х и более), иногда разделённых погребёнными почвами. Плотность лёссов – до 1.4 г/см³; высокая пористость – до 20 % от объёма; структура – вертикальная призматическая; содержание пылеватых частиц: крупнопылеватых (размером 0.05–0.01 мм) – 50 %, мелкопылеватых (размером от 0.01 до 0.005 мм) – 20 %; содержание свободных карбонатов кальция и магния – до 20 % (часто встречаются новообразования карбонатов – псевдомицелий, погремки, куклы и т.п.). Указанные свойства делают лёссы почти идеальной почвообразующей породой: тонкодисперсный гранулометрический состав – высокая удельная поверхность и

высокие значения ёмкости катионного обмена; оптимальные водно-физические свойства – сочетание хорошей фильтрации с высокой влагоёмкостью и значительной водоудерживающей способностью, большое содержание почвенного воздуха; высокое содержание карбонатов способствует нейтрализации кислых продуктов разложения органических остатков и более полному формированию наиболее ценных гуминовых кислот.

Основной тип леса – липо-дубняк осоково-снытьевый, опад богат зольными элементами (в среднем зольность опада составляет 6–8 %). При разложении опада основания (Ca, Mg, K) возвращаются в почву в количестве до 200 кг/га ежегодно. Лесной опад, богатый лигнином и дубильными веществами, не успевает минерализоваться за год и, накапливаясь, создает лесную подстилку, сплошным ковром покрывающую почву. Наибольшая мощность подстилки отмечена в тех участках леса, где отсутствует травяной покров («мертвопокровники»); при наличии трав, особенно синузии эфемероидов, минерализация идет быстрее. Опад сныти и эфемероидов богат N, K и Ca, которые, быстро высвобождаясь, реутилизируются микрофлорой и активизируют её деятельность.

В почвенном покрове лесостепной зоны на водораздельных плато наблюдается непосредственное соседство ареалов двух генетически контрастных типов почв: *серых* с чётко дифференцированным профилем и наличием осветлённого горизонта, напоминающего подзолистые почвы, и *чернозёмов* с мощным изогумусовым профилем. При этом *абиотические факторы почвообразования практически не различаются*: и те и другие почвы формируются в условиях одинакового макроклимата, обнаруживаются в однотипных условиях рельефа (на водораздельных пространствах или высоких древних террасах, т.е. в плакорных и квазиплакорных позициях), на одинаковых почвообразующих породах.

Серые почвы различных подтипов занимают практически всю территорию дубравы «Лес на Ворскле». Они имеют глубокий, хорошо дифференцированный профиль типа O—AY—AEL—(EL)—(BEL)—BT₁—BT₂—BT₃—B_{ca}—C_{ca}. Их можно подразделить на подтипы по содержанию гумуса (темно-серые, серые и светло-серые с содержанием гумуса в горизонте AY соответственно больше 6, 6–3 и менее 3 %) и различить по степени выраженности осветлённой толщи (горизонтов AEL, EL, BEL) на слабо-, средне и сильнооподзоленные. Всего на территории дубравы выделено до 20 разновидностей серых почв.

Для данного района характерны злаково-разнотравные участки степи с элементами олуговелости. На открытых пространствах в зоне лесостепи степной тип растительности формирует иной микроклимат, чем в дубраве и соответственно, иной характер увлажнения и промерзания почв. Открытые участки летом прогреваются сильнее, а зимой интенсивнее промерзают. Снег сдувается в балки и овраги, поэтому зимой почва промерзает на большую глубину. Весной снег тает быстро, но талая вода не успевает впитываться в ещё не оттаявшую почву, и большая её часть стекает по поверхности, что отрицательно сказывается на величине весеннего влагозапаса. Летом здесь интенсивно идет физическое испарение, которому способствуют ветры, не умеряемые древесным пологом. Поэтому на открытых пространствах по сравнению с лесными участками нисходящий ток воды в почвенном профиле резко ослаблен. Растительность луговой степи образует биомассу (на сухое вещество) в среднем около 28 т/га, причем надземная часть составляет всего 4–5 т/га, а большая часть приходится на корневую массу. В опад ежегодно поступает вся надземная масса трав и примерно одна треть запаса корней, что в сумме составляет 12–18 т/га в год. Это в 2–3 раза больше, чем в дубраве. Зольность опада степных участков в среднем составляет 10–12 %, что в 1.5–2 раза больше, чем на лесных участках. В составе золы много оснований (особенно Ca и K), K, содержатся S и другие биофильные элементы. Опад степных трав содержит много белка и мало таких трудно минерализуемых компонентов, как лигнин, дубильные или смолистые вещества, характерные для лесного опада. Поэтому в разложении опада более значительную роль, чем в лесах, играют бактерии. Важно также то, как поступают растительные остатки в почву – на поверхность или непосредственно в почвенную толщу. В степи кислые продукты образующиеся при разложении основной части опада нейтрализуются на месте основаниями, присутствующими в толще почвенного профиля.

При тех же показателях макроклимата, что и на лесных участках лесостепи, почвы открытых, в том числе степных участков, имеют более четко выраженные «периоды покоя»: летнего (в связи с засухой) и зимнего (в связи с промерзанием). В эти периоды до минимума снижаются (или прекращаются совсем) процессы роста и развития растений, активность микрофлоры и почвенной фауны, нисходящая миграция почвенных растворов. Для данного района характерны злаково-

разнотравные участки степи с элементами олуговелости. Существенное влияние на формирование профиля чернозёмов оказывают животные, обильно населяющие эти почвы. Иногда выделяют даже особый вид так называемых «кротовинных» чернозёмов, где на 1 м² среза почвы приходится свыше 40 «кротовин». Эти ходы прокладывают слепыши, суслики, тушканчики и др. Роющие животные перемешивают верхние и нижние горизонты почвы, углубляя гумусовый профиль и делая его более однородным по вертикали. Дождевые черви измельчают растительные остатки, затаскивают их в глубь почвы, способствуют крошению и агрегации почвенной массы. Строя норы, почвообитающие животные создают условия для обитания других организмов и пути для их миграции. Очень богаты чернозёмы также микрофлорой (в 1 г типичного чернозёма можно обнаружить до 5 млрд. клеток микроорганизмов: бактерий, актиномицетов, грибов и водорослей (методом прямого счета по Виноградскому)).

Под степной растительностью создаются условия для исключительно мощного развития биогенной аккумуляции (гумусонакопления). В то же время здесь нет условий для интенсивного промывания почвенного профиля и для появления кислых почвенных растворов. Это исключает развитие элювиального процесса в форме лессивирования и тем более оподзоливания. Поэтому, в отличие от профиля серых почв, профиль лесостепных чернозёмов не дифференцирован ни по валовому, ни по гранулометрическому составу. В чернозёмах активно мигрируют и перераспределяются по профилю (по его сезонно увлажняемой части) только свободные карбонаты Са. Во влажный период при высоком содержании СО₂ в почвенном воздухе нерастворимый СаСО₃ частично переходит в растворимый гидрокарбонат Са(НСО₃)₂, который легко переносится током влаги. Обычно в холодный период года идет его нисходящее передвижение (вынос к нижней границе профиля). Летом Са(НСО₃)₂ с почвенной влагой подтягивается по капиллярным порам к поверхности почвы или в корненасыщенную толщу. При подсыхании почвы он выпадает из раствора в виде СаСО₃ и кристаллизуется диффузно или по тонким порам, в форме карбонатного псевдомицелия. Положение верхней границы «вскипания» в лесостепных чернозёмах от года к году и от сезона к сезону может изменяться на 20–40 см. Средняя глубина «вскипания» в типичных чернозёмах «Острасьевых яров» – 35–45 см. Но иногда в засушливое лето, следующее за влажным годом, почвы вскипают или прямо с поверхности, или с глубины менее 10 см.

Морфология лесостепных черноземов отражает исключительно мощное развитие процесса биологической аккумуляции (гумусообразования), который и придаёт этому типу почв незабываемый облик. Его главные черты: а) наличие мощного (метрового!), почти чёрного однородного горизонта с выраженной зернистой структурой; б) отсутствие осветленных элювиальных горизонтов; в) сильная перерытость животными, особенно заметная в средней части профиля; г) карбонатные новообразования в виде псевдомицелия. Варианты профиля типичных целинных чернозёмов, сформированных на карбонатных породах (по классификации 2004 г. – чернозёмы миграционно-мицелярные): О–А_v–А–АВ–Вса–ВСа–Са либо О–А_v–А–АВса–Вса–ВСа–Са. Иными словами, типичные чернозёмы «вскипают» либо на нижней границе гумусового горизонта (А+АВ), либо в пределах этого горизонта. Для выщелоченных чернозёмов на тех же породах (по классификации 2004 г. – чернозём глинисто-иллювиальный) характерен профиль типа О–А_v–А–АВ–В–ВСа–Са, т.е. под нижней границей гумусового горизонта есть прослойка материала, выщелоченного от карбонатов. При почвообразовании на породах, не содержащих карбонатов (например, палеогеновых отложениях) профиль выщелоченного чернозёма вообще не имеет карбонатных горизонтов.

Сложность изучаемых почв заповедника и сопряжённых с почвой биообъектов связана: а) с выяснением фундаментальных закономерностей взаимодействия растений с сопутствующей биотой; б) с выяснением активного средообразующего их воздействия на косные (абиотические) и биокосные компоненты экосистем; в) с выяснением протекающих эволюционных процессов в почвенно-растительном комплексе; г) с выяснением продуктивности и устойчивости экосистем с учётом особенностей ландшафтов и складывающейся погодной ситуации. Почвенные условия, обеспечивающие поступление воды и пищевых веществ из почвы в растения на уровне элементарных почвенных частиц можно характеризовать параметром величины удельной поверхности по сорбции паров воды, содержанием частиц физической глины и ила; на уровне микроагрегатов – показателем водопрочности микроагрегатов; на уровне структурных отдельностей – пористостью агрегатов и почвы; на уровне почвенных горизонтов – плотностью и сопротивлением пенетрации, фильтрационной и водоудерживающей способностью; на уровне почвенных индивидуумов – водопроницаемостью, относительным возрастанием равновесной плотности и содержанием агрономически

ценных агрегатов. Полученные результаты полевых и лабораторных исследований почв заповедника свидетельствуют о высоком уровне объёмной variability показателей организации почвенной массы, что подтверждает необходимость дальнейших исследований почвенных свойств в аспекте непрерывности и дискретности структурно-функциональных параметров состояния почв с целью оценки агроэкологического потенциала почв и рационального управления почвенными ресурсами.

УДК 631.452.001.72: 631.12

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАХОТНЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕНДА СРЕДНЕВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

А.В. Русаков, А.С. Копосов

Санкт-Петербургский государственный университет, spr-06@mail.ru

Для успешного решения задач, связанных с более эффективным использованием почвенных ресурсов России в новых условиях хозяйствования и всемерной охраной почвенного покрова, весьма актуальной задачей, помимо выявления степени изменения свойств почв сельскохозяйственной территории за средневременной период, становится оценка изменения плодородия почв, во многом определяющего экономическую, в первую очередь, стоимостную оценку почв.

Цель данной статьи состоит в выявлении степени изменения свойств почв и уровня их плодородия за последние 20 лет (1986–2006 гг.) на основе их почвенно-экологической оценки с использованием почвенно-экологического индекса (ПЭИ) [3]. Объектами исследования послужили целинные и залежные почвы центра Ярославского Поволжья (Борисоглебская возвышенность и Ростовская низина). Первичные данные (исходная точка мониторинговых исследований) послужили данные крупномасштабного почвенного картографирования с точной привязкой опорных разрезов, позволивших произвести на этом месте повторное обследование: провести закладку разрезов и отбор образцов в пределах исходного элементарного сельскохозяйственного ареала. Вероятная ошибка в расположении разрезов не превышала 10 м.

Изучены 8 пар почв антропогенно-преобразованных почв (16 индивидуальных разрезов), характеризующихся различным характером землепользования за указанный период времени (табл.).

Таблица. Классификационное положение и характер землепользования почв.

Разрез	Название по Классификации и диагностике... [2] до уровня подтипа	Угодье на момент обследования, год	
		1986	2006
22	Агродерново-глубокоподзолистая на бескарбонатных лессовидных суглинках (БЛС)	Пашня	Пашня
31	Агродерново-неглубокоподзолистая на БЛС		
65	Агродерново-неглубокоподзолистая на моренных суглинках	Пашня	Залежь, 10–15 лет
41	Агродерново-глубокоподзолистая профильно оглеенная на БЛС	Пашня мелиор. 1986 г.	Пашня мелиор.
63	Агротемногумусовая профильно оглеенная на БЛС	Пашня, мелиорация 1970-х гг.	Залежь, 10–15 лет
160	Агродерново-неглубокоподзолистая осушенная на озерных отложениях		
46	Агротемногумусовая профильно оглеенная на озерных отложениях		
36	Торфозем типичный на эутрофном торфе		

Проведенный морфолого-генетический анализ и аналитическая обработка полученных результатов позволили выявить разнонаправленные тренды изменения свойств почв за 20-летний период (среднесрочные изменения, позволяющие рассматривать их как почвенные сукцессии [1]). Отметим основные изменения морфологического строения почвенного профиля за этот средневременной интервал. Р. 22 – появления двух Р горизонтов, их осветление, снижение содержания гумуса и его запасов, подвижных форм калия и фосфора. Р. 31 – осветление, ухудшение структуры, но увеличение содержания гумуса и его запасов, а также подвижных форм фосфора. Р. 65 – появ-

ления двух Р горизонтов, резкое осветление нижнего горизонта, появление плитчатой структуры, ожелезнение в средней части профиля, но в целом увеличения содержания гумуса и его запасов. Р.41 – появления двух Р горизонтов, их осветление, припашка ELg горизонта, уменьшение признаков глееватости, увеличение содержания гумуса и его запасов, подвижных форм фосфора и калия. Р. 63 – появления двух Р горизонтов, ухудшение структуры, усиление признаков гидроморфизма, увеличение содержания гумуса и его запасов, подвижных форм фосфора и калия. Р. 160 – появления педогенных карбонатов в виде журавчиков и усиление степени гидроморфизма, усиление развития гумусово-глинистых кутан, увеличение содержания гумуса. Р. 46 – осветление, ухудшение структуры, усиление признаков гидроморфизма, увеличение содержания гумуса, но снижение его запасов. Р. 36 – слабое изменение строения профиля, но увеличение зольности.

Затем были рассчитаны величины баллов ПЭи для почв, характеризующихся уровнем плодородия на конкретный год обследования (рис.). В целом можно констатировать, что ПЭи, являясь интегральной характеристикой почвенного плодородия, достаточно адекватно и объективно отражает изменения в химическом и физико-химическом составе почв за временной промежуток 20 лет. Но в тоже время выявленные нами изменения в морфологическом строении не всегда находят отражение в почвенно-экологической оценке почв с использованием ПЭи.

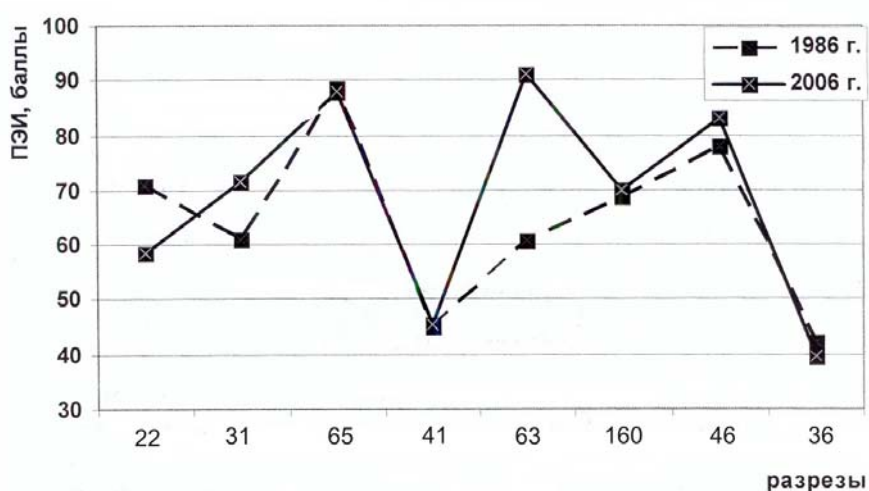


Рисунок. Величины баллов ПЭи, рассчитанные для почв исследованных разрезов, заложенных в 1986 и 2006 гг.

Максимальные величины ПЭи для почв, исследованных в 2006 г., были получены для бывших пахотных почв, находящихся в настоящее время в залежах (рис.), т.е наблюдается тенденция проградационных процессов при смене условий землепользования.

Результаты исследований показали, что для четырех пар почв (разрезы 65, 41, 160 и 36) величины баллов практически не изменились за 20-летний период, хотя (за исключением торфозема, р. 36) за этот период произошли весьма заметные морфологические изменения, а в ряде случаев – смена пашни на залежь.

В отношении агродерново-подзолистых почв, продолжающихся находиться под пашней в течение 20-ти лет (р. 22 и 31), выявлен разнонаправленный тренд изменения балльной оценки плодородия на основе ПЭи (рис.). Так, для агродерново-глубокоподзолистой почвы (р. 22), для которой выявлены однозначные ухудшения морфологических и физико-химических свойств, установлено заметное уменьшение величин ПЭи по состоянию на 2006 г. по сравнению с 1986 г. В то же время, для агродерново-неглубокоподзолистой почвы (р. 31), для которой установлены морфологические признаки деградационных процессов, но находящейся в обработке с достаточным внесением органо-минеральных удобрений, выявлено заметное увеличение баллов ПЭи, обязанного в основном за счет дополнительного поправочного коэффициента на гумус.

Таким образом, морфолого-генетический анализ строения профилей агродерново-подзолистых почв, находящихся в распашке в течение 1986–2006 гг. (р. 22, 31, 41), позволили диагностировать ряд деградационных процессов в пахотных горизонтах: осветление, в ряде случаев уменьшение глубины современной распашки (появление остаточных пахотных горизонтов), ухудшение структуры (появление структуры 3-го типа). В аналогичных почвах, переведенных в залежь,

эти процессы выражены ярче и в ряде случаев (р. 65) появляются отчетливые элювиальные признаки в пахотном горизонте. В агродерново-глееватых почвах (р. 63, 46), находящихся в настоящее время под залежью, деграционные процессы выражены в меньшей степени из-за более высокой устойчивости почв к деграционным процессам.

Наиболее существенные и резкие изменения в морфологическом строении профиля почвы выявлены для агродерново-подзолистой почвы на озерных суглинках (р. 160), для которой за короткий период перевода в залежь в нижней части профиля появились карбонатные журавчики и усиление морфологических проявлений потечности гумуса после перевода осушенной пашни под залежь. При этом, однако, не выявлено изменения величин ПЭи (рис.).

Изменение химических и физико-химических свойств за 20-летний период носят неоднозначный характер и проявляются в основном в пахотных горизонтах исследованных почв. В ряде случаев для агродерново-подзолистых почв, экстенсивно используемых к 2006 г. (р. 22), проявляются процессы выпаханности (снижение содержания и запасов гумуса, обеспеченности подвижными формами элементов питания). В почвах с соблюдением агротехники (р. 31, 41) отмечено слабое изменение и улучшение свойств горизонта Р. В пахотных почвах различного генезиса, переведенных в залежь, за 20 лет отмечена стабилизация или даже улучшение ряда свойств.

В целом подтверждена пригодность применения расчетов бальной оценки почв на основе ПЭи как наиболее интегральной оценки, которая объективно отражает тренд изменения свойств антропогенно-измененных почв на десятилетних периодах педогенеза. Выявлено, что изменения некоторых базовых химических и физико-химических свойств находят адекватное отражение в расчетах ПЭи в отличие от признаков, фиксирующих изменения морфологических свойств почв и строения профиля.

В заключении необходимо сказать, что нами показана принципиальная возможность использования ранее (20 лет назад) отобранных почвенных образцов для аналитической обработки и применении результатов для расчета ПЭи, что можно использовать также и для решения различных задач в ходе проведения мониторинговых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васнев И.И.* Почвенные сукцессии как форма эволюции почв таежных и антропогенно измененных лесостепных экосистем. Автореф. докт. дис. М., 2003. 50 с.
2. *Классификация и диагностика почв России* / Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.А. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. *Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв* / Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.

УДК 631.435:631.421.1:631.81

ИЗМЕНЕНИЯ СТАБИЛЬНОГО СВОЙСТВА ПОЧВЫ (ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА) В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

И.А. Самофалова

ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА имени Д.Н. Прянишникова», samofalovairaida@mail.ru

В окультуренных дерново-подзолистых почвах естественные элементарные почвообразовательные процессы, характерные для этих почв, проявляются иначе, чем в целинных: одни исчезают, другие качественно видоизменяются или появляются новые процессы, меняется их интенсивность. Использование удобрений, как один из агроприемов окультуривания, может оказывать влияние на интенсивность, направленность процессов в почве, усиливая или ослабевая их проявление.

Известно, что длительное применение удобрений изменяет в первую очередь быстро регулируемые показатели, такие как, содержание подвижного фосфора, обменного калия, реакцию среды. Систематическое внесение органических удобрений способствует улучшению гумусного и структурного состояния. В литературе мало исследований по изучению влияния длительного применения удобрений на труднорегулируемые показатели.

Гранулометрический состав почв относится к труднорегулируемым показателям и является наиболее стабильным свойством почвы. В связи с этим цель исследований – изучить влияние дли-

тельного применения различных систем удобрения на гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы.

Исследования по изучению влияния длительного применения удобрений на гранулометрический состав дерново-неглубокоподзолистой почвы проводили в длительном стационарном опыте «Пермского НИИСХ», заложенном в 1971 году в пространстве и во времени. В настоящее время руководителем опыта является А.И. Косолапова. Почвенные образцы отбирали осенью 2007 года (пятая ротация севооборота) после уборки картофеля послойно (0–20, 20–40, 40–60 см) на следующих вариантах: 1) без удобрений; 2) навоз 10 т/га в год; 3) NPK экв. 10 т/га; 4) навоз 5 т/га + экв. NPK.

Оценивая основные физико-химические свойства почв стационара и обеспеченность ими элементами питания на варианте без удобрений можно сделать вывод, что почва является слабо-окультуренной. Использование различных систем удобрения изменяет агрохимические свойства дерново-неглубокоподзолистой тяжелосуглинистой почвы и позволяет ее охарактеризовать как среднеокультуренную. Итак, в результате длительного применения удобрений дерново-неглубокоподзолистая почва из разряда слабоокультуренной перешла в среднеокультуренную.

Гранулометрический состав почвы, при использовании минеральной системы удобрения, изменяется подобно как на варианте без удобрений (тяжелосуглинистый в слое 0–20 см и глинистый с утяжелением с глубиной в 20–40 и 40–60 см). Длительное использование органической и органо-минеральной систем удобрения повлияло на изменение гранулометрического состава только в слое 20–40 см в сравнении с вариантом без удобрений: отмечается облегчение гранулометрического состава в слое 20–40 см. Анализ гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы показал, что она по содержанию физической глины является тяжелосуглинистой в слое 0–20 см и глинистой в слое 40–60 см на всех вариантах опыта.

Анализируя гранулометрический состав почв по вариантам удобрений выделяются изменения по распределению содержания илистой и крупнопылеватой фракций в верхней части профиля почвы. Так, на варианте без удобрений слой 0–40 см обеднен илом на 29 % по сравнению с нижележащим слоем 40–60 см (рис. 1а).

Длительное использование минеральной и органо-минеральной систем удобрений привело к перераспределению фракции ила: слой 20–40 см обеднен, по сравнению со слоями 0–20 см и 40–60 см, то есть можно констатировать наличие эллювиальности с глубины 20 см.

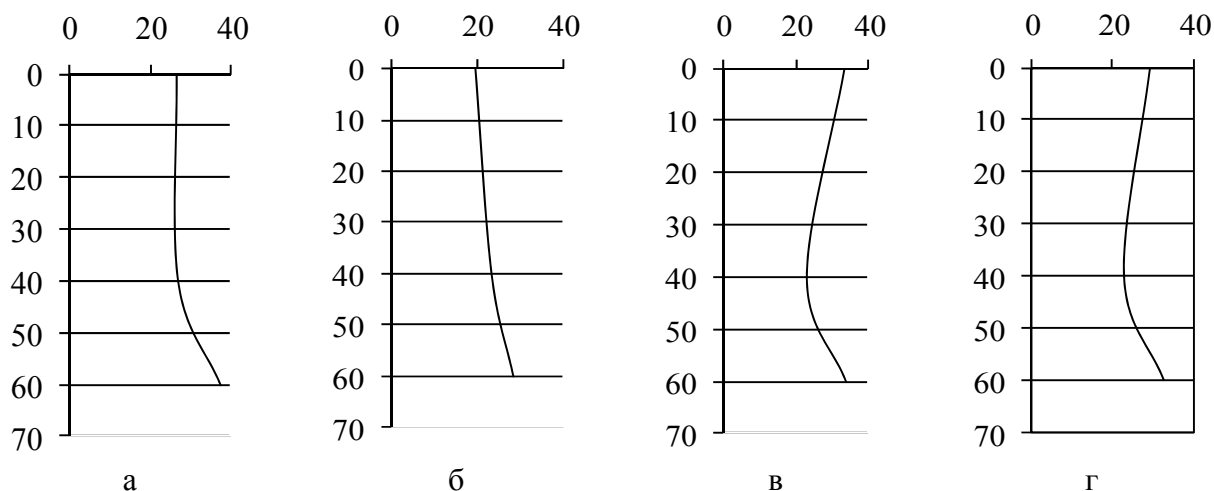


Рисунок 1. Распределение илистой фракции в дерново-неглубокоподзолистой тяжелосуглинистой почве в зависимости от системы применения удобрений. а) Без удобрений; б) Навоз 10 т/га; в) NPK экв. 10 т/га навоза; г) Навоз 5 т/га + экв. NPK навоза

Причем, при сочетании минеральных и органических удобрений, последние по-видимому способствуют снижению проявления эллювирования в верхней части профиля (рис. 1в, 1г).

При применении органической системы удобрений не наблюдается выраженное эллювирование в пределах 60 см профиля (рис. 1б). Содержание илистой фракции с глубиной постепенно повышается, что возможно связано с проявлением лессиважа. Можно сказать, что внесение органических удобрений нивелирует дифференцированное распределение илистой фракции по профилю дерново-подзолистой почвы.

Распределение крупнопылеватой фракции в почвах на исследуемых вариантах различно. Наиболее резко дифференцировано содержание крупной пыли в дерново-неглубокоподзолистой почве на варианте без удобрений: 26.2 % в слое 0–20 см; 4.2 % – 20–40 и 15.8 % – 40–60 см.

Использование минеральной и органо-минеральной систем удобрения изменило перераспределение фракции в верхней части профиля среднекультуренной дерново-неглубокоподзолистой почвы. Так, граница резкого снижения содержания крупнопылеватой фракции наблюдается на глубине 40 см, то есть слой 0–40 см обогащен крупной пылью.

Систематическое применение органической системы удобрения не привело к перераспределению содержания крупной пыли и варьировало в слое 0–60 см в пределах от 23 % (0–20 см) до 21 % (20–40 см, 40–60 см).

Проведенный анализ показал, что длительное применение разных систем удобрения не изменяло классификационную принадлежность исследуемой почвы по гранулометрическому составу. Основные изменения произошли в пределах верхнего 0–40 см слоя. Итак, можно утверждать, что длительное применение удобрений (более 35 лет) приводит к некоторому изменению стабильного свойства почвы. В частности это сказывается на распределении илистой и крупнопылеватой фракции в верхней части профиля почвы.

Таким образом, систематическое применение удобрений изменяет не только быстро регулируемые показатели, но и с течением времени способствует некоторому изменению и труднорегулируемого стабильного свойства почвы – гранулометрического состава.

УДК 631.10

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ И СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И ДОХОДНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ И ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА

А.И. Саталкин¹, С.И. Носов², А.К. Оглезнев², А.А. Гладков², Б.Е. Бондарев²

¹«ПолиИнфоТех», г. Москва, a.i.sat@mail.ru

²«Государственный проектно-изыскательский институт земельно-кадастровых съёмок» (ФГУП «Госземкадастрсъёмка» – ВИСХАГИ), г. Москва, nsi1960@mail.ru

Почвенный покров земельных участков наряду с их местоположением в инфраструктуре, по рельефу, особенностями агроклимата является важнейшим фактором, определяющим возможности привлечения дополнительных ресурсов для увеличения продукции сельского и лесного хозяйства.

Крупномасштабная почвенная карта (М 1:10 000 и крупнее) является базовой основой для расчета продуктивности и доходности земельного участка. Только по картам такого масштаба правомерно определение площадей различных почв и их групп, почвенной контурности и технологических показателей земельного участка. Учёт этих показателей наряду с признаками и свойствами почв, в процессе четвёртого тура оценки земель, проводимого Роскомземом в субъектах РФ, позволил рассчитать на различных группах почв нормативную урожайность основных сельскохозяйственных культур и нормативные затраты на их возделывание при средних для регионов уровнях интенсивности производства и уровнях ведения хозяйства. Для этих групп почв при использовании их под пашней, сенокосами и пастбищами определена их средняя продуктивность (ц. к.ед. на 1 га.), а так же с использованием затратного и доходного способа рассчитана их стоимостная оценка (тыс. руб. на 1 га.).

В процессе дальнейшего усовершенствования оценочных работ с учётом комплекса показателей свойств почв, агроклимата, ассортимента возделываемых культур и структуры их посевных площадей определён интегральный показатель – зерновой эквивалент качества земель, который представляет собой урожайность зерновых культур, получаемую на эталон затрат, эквивалентную по величине расчётного чистого дохода всему ассортименту оцениваемых культур. Чем больше величина зернового эквивалента, тем выше качество земель, тем больше её доходность. Расчёт рыночной стоимости продукции по величине зернового коэффициента и сравнение её с величиной затрат, необходимых на производство и реализацию продукции даёт возможность принять решение о выгодности или невыгодности сельскохозяйственного производства, о рациональности целевого использования земель.

Значительная часть площадей дерново-подзолистых почв, вследствие слабой степени окультуренности почв и наличия негативных признаков, снижающих производительную способность, имеют зерновой эквивалент менее 22 ц./га. В современных рыночных условиях невыгодно использование таких почв под пашню, так как они требуют проведения дополнительных агромероприятий или коренного улучшения. В настоящее время по этой причине в Нечерноземной зоне Европейской части России более 30 % площади сельскохозяйственных угодий бывших совхозов и колхозов не используется, подвержено избыточному увлажнению и зарастанию кустарником и мелкоколесем. Большое количество сельхозпредприятий в западной и северо-западной части этой зоны практически не имеют пахотных площадей. Дальнейшее экстенсивное использование таких почв может превратить неиспользуемые площади через 150–200 лет в естественно-возобновлённые высокопродуктивные еловые и сосновые насаждения со средним годовым выходом биологической продукции, равной продуктивности 8-польных севооборотов на окультуренных почвах.

Другим вариантом эффективного использования малоплодородных дерново-подзолистых почв является разработка малозатратных технологий по устранению влияния негативных факторов (малая мощность плодородного слоя, уплотнение, заболоченность, эродированность, каменистость и щебнистость,) и приведению поверхности земельных участков в благоприятное культуртехническое состояние. На окультуренных видах дерново-подзолистых почв в передовых сельхозпредприятиях Нечерноземной зоны величина зернового эквивалента качества земель достигает 30–40 ц/га, что свидетельствует об их пригодности для использования под любые сельскохозяйственные угодья.

Оценка производительности почвенного покрова сельхозпредприятий проводится по крупномасштабным картам, которые представляют собой совмещенное изображение землеустроительной ситуации, параметров рельефа, почвенного покрова и других характеристик поверхности земельных участков, необходимых для определения зернового эквивалента качества земельных угодий.

Для определения производительности более обширных территорий – межхозяйственных объединений, территорий сельских округов, административных районов – составляются карты масштаба 1:25 000 и 1:50 000 путём обобщения (генерализации) карт масштаба 1:10 000. Развитие электронных технологий наряду с обзорными свойствами этих карт делает возможным обеспечение «вложенности» контуров карт масштаба 1:10000 в обобщенные контуры более мелкомасштабных карт и обеспечение их информативности, соответствующей исходным картам.

Для характеристики производительности земель более обширных территорий административных областей и других субъектов РФ составляются карты более мелкого масштаба – 1:100000–1:500000 путём обобщения информации крупномасштабных карт сельхозпредприятий, сельских округов, административных районов. На этих картах производительность земель показана по градациям величины зернового эквивалента качества земель и бонитета почвенного покрова. Практически эти карты являются иллюстративным материалом, способствующим районированию территории по 4 группам пригодности для использования под сельскохозяйственные угодья и по 9 классам качества земель. Численная информация определяется по картам масштаба 1:10 000.

На примере территорий сельхозпредприятия, двух административных районов и всей территории Ярославской области составлены карты пригодности и классов качества земель. Разработаны рекомендации по районированию этих территорий и повышению эффективности их использования путём изменения целевого назначения земель на более рациональное, изменения ассортимента возделываемых культур и структуры их посевных площадей, применения необходимых и достаточных мероприятий по уменьшению или ликвидации негативного влияния неблагоприятных факторов почвенного покрова. На основе анализа комплекса показателей определены наиболее выгодные места для инвестиций в сельскохозяйственное производство.

На примере Лелеческого лесничества Егорьевского района Московской области и Горопецкого лесничества Тверской области на основе карт почвенного покрова проведен анализ исходного состояния лесных насаждений, составлены карты перспективных лесов по основным лесобразующим породам. Выявлена возможность повышения эффективности лесопользования путём оптимизации размещения лесных насаждений в соответствии с производительной способностью почвенного покрова.

Выявлена необходимость разработки отсутствующей в настоящее время унифицированной специальной планово-картографической основы, утверждённой как ГОСТ или регламент, совме-

щающей в себе землеустроительную или лесоустроительную информацию, определённые параметры рельефа и карту почвенного покрова в целях сводимости других тематических карт, необходимых для определения ресурсного потенциала почвенного покрова.

УДК 551.5

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОГО (ФЕДЕРАЛЬНОГО, РЕГИОНАЛЬНОГО, ЛОКАЛЬНОГО И ОБЪЕКТНОГО) ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

В.Д. Скалабан

Почвенный институт им. В.В.Докучаева, гос. университет природообустройства

Сельскохозяйственное поле – это своего рода фабрика по переработке лучистой энергии Солнца в фитомассу, а потребление продуктов земледелия – обратный процесс её разложения с выделением нужной человеку энергии: минеральные элементы + CO₂ + вода + Солнце ↔ O₂ + органическое вещество. Левая часть равенства – процесс фотосинтеза. Правая часть – дыхание с выделением нужной человеку энергии.

В этом многовековом процессе три блока проблем. 1 – процесс превращения лучистой энергии Солнца в биомассу – проблемы физиологов, селекционеров; 2 – климатические условия произрастания растений – проблемы агроклиматологии; 3 – почвенные условия – проблемы агрономии. Академик Струмилин С.Г. отмечал, что если человек хочет знать, сколько может дать земля, надо выяснить её почвенно-климатический потенциал, прежде всего климатический потенциал – наиболее консервативный, труднорегулируемый природный фактор.

Самый общий климатический потенциал земледелия, выражающий одновременно и тепло и кванты солнечной энергии – сумма среднесуточных температур, превышающих 10 °C – ΣT > 10 °C. Второй климатический фактор – влагообеспеченность. Он характеризуется отношением осадков Р мм/год к испаряемости Е мм/год. Идея совместного выражения факторов тепло- и влагообеспеченности существует с незапамятных времён. Применительно к межрегиональным оценкам продуктивности земель она была предложена Колосковым П.С. в виде биоклиматического потенциала БКП, и затем развита Шашко Д.И. (1967), в том числе в рамках вышеупомянутого «Природно-сельскохозяйственного районирования СССР»:

$$БКП = K_p \frac{\sum T > 10 \text{ } ^\circ\text{C}}{1000 \text{ } ^\circ\text{C}} \quad (1)$$

где ΣT > 10 °C – сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °C за год на оцениваемой территории; 1000 °C – значение ΣT > 10 °C на северной границе возможного земледелия; K_p – коэффициент роста, связанный с фактором увлажнения.

В агроклиматологии принято вычислять K_p несколькими способами:

$$K_p = \log(10 K_y) = \log(10 * P/E) = \log(20 M_d), M_d = P/\sum d \approx 0.5(P/E),$$

где K_y – отношение осадков P мм/год к испаряемости E мм/год, M_d – отношение осадков P мм/год к ресурсам испаряемости – к годовой сумме дефицитов влажности воздуха Σd мб/год.

Значения БКП для сельскохозяйственной территории России колеблются от 0.6 до 5.5. (Шашко Д.И., 1967). Среднее по России значение БКП ≈ 1.9 принято за 100 баллов и получило обозначение Бк ≈ 55 * БКП = 100 баллов. В результате образовалась российская межрегиональная шкала продуктивности климата, где максимальной продуктивности 160–170 баллов соответствовала Предкавказская провинция 6–2 Краснодарского края, а средняя по России продуктивность климата, принятая за 100 баллов, соответствовала Средне-Русской провинции 4–3.

Средние годовые показатели теплообеспеченности ΣT > 10 °C и влагообеспеченности P мм/год и E мм/год, по которым вычисляют Бк, имеют ограниченные возможности: они «атмосферны» и не чувствуют «земной тверди» – грунтового увлажнения, особенностей рельефа, почвенного покрова. Поэтому дают лишь обобщённые климатические характеристики, межрегиональные и региональные оценки продуктивности, требующие детализации на локальном уровне. В этом качестве они весьма полезны для решения макроэкономических вопросов размещения сельского хозяйства, для разработки генеральных схем использования земельных, природных ресурсов. Они закономерно были использованы в 80-е годы для сравнительных оценок сельскохозяйственной продуктивности регионов СССР и сопоставления их с развитыми странами мира при разработке Продовольственной программы СССР.

В отличие от уравнения /1/ (Шашко Д.И., 1967), Скалабан В.Д. рекомендует вычислять K_t относительно произвольной величины $\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз}$, а K_v аппроксимировать не логарифмическим, а параболическим уравнением (Шашко Д.И., Скалабан В.Д. 1981, Скалабан В.Д. 1983, 1984, 1985 и др.).

$$K_m = \frac{\sum T > 10^\circ \text{С}}{\sum T > 10^\circ \text{Сбаз}} - \text{теплообеспеченность оцениваемой территории (числитель)}$$

относительно базового значения $\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз}$, выбранного в качестве уровня сравнения (знаменатель).

$\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз} = 1000^\circ$ – уровень северной границы возможного земледелия.

$\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз} = 1900^\circ$ – средний по России уровень теплообеспеченности.

$\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз} = 10\,000^\circ$ – уровень влажных тропиков, территорий с наивысшей на земном шаре биологической продуктивностью.

$K_v = [1 - (1 - P/E)^2]$ – коэффициент влагообеспеченности земель; P – осадки за год, мм; E – испаряемость за год, мм. Это параболическое уравнение лучше логарифмического $K_p = \log(10 Ky)$, так как имеет перегиб, чувствующий избыточное увлажнение.

Применительно к $\Sigma T > 10^\circ \text{Сбаз} = 1900^\circ$ автор рекомендует уравнение

$$B_k = K_m \cdot K_v = \frac{\sum T > 10^\circ \text{С}}{1900} \cdot [1 - (1 - P/E)^2] \cdot 100 \quad (2)$$

Уравнение показывает, что при достаточном атмосферном увлажнении ($P=E$) и среднем для земледельческой территории России поступлении солнечной энергии ($\Sigma T > 10^\circ \text{С} = 1900^\circ \text{С}$) биоклиматический потенциал $B_k = 100$.

Средние годовые показатели теплообеспеченности $\Sigma T > 10^\circ \text{С}$ и влагообеспеченности P мм/год и E мм/год, по которым вычисляют B_k , имеют ограниченные возможности: они «атмосферны» и не чувствуют «земной тверди» – грунтового увлажнения, особенностей рельефа, почвенного покрова. Поэтому дают лишь обобщённые климатические характеристики, межрегиональные и региональные оценки продуктивности, требующие детализации на локальном уровне. Эти показатели можно уподобить широкой кисти, которой можно выкрасить забор, но нельзя написать портрет. Поэтому автор предлагает для них уточнения.

Земной шар имеет окружность ≈ 40000 км. Склон 1° южной экспозиции эквивалентен смещению на юг на $40000 \text{ км} / 360^\circ = 110$ км. или на $110 \cdot \alpha$, где α – угол склона. Если направление склона имеет азимут φ , то склоновый эффект равен $\alpha \cdot \cos \varphi$ и вместо $\Sigma T > 10^\circ \text{С}$ в уравнении B_k следует использовать $\Sigma T > 10^\circ \text{С} + (\Sigma T > 10^\circ \text{С}) \cdot \alpha \cdot \cos \varphi$. При $\varphi = 90^\circ$ и $\varphi = 270^\circ$ прибавка $(\Sigma T > 10^\circ \text{С}) \cdot \alpha \cdot \cos \varphi$ равна нулю, при $\varphi = 180^\circ$ (северный склон) прибавка отрицательна.

Для более подробных муниципальных оценок продуктивности земель (Масштабы 1:50000–1:10000) автор предлагает уравнения, аналогичные межрегиональным, но использующие не годовые атмосферные показатели $\Sigma T > 10^\circ \text{С}$ и P/E , а средние за период вегетации температуры воздуха T и запасы влаги в почве W , измеряемые в штатном режиме гидрометеостанциями сети Росгидромета. $T_{опт}$ и $W_{опт}$ – оптимальные для культуры значения T и W .

$K_{кп} = K_{тв} \cdot (B_p/100) = K_t \cdot K_v \cdot (B_p/100)$, где $K_{тв}$ – совокупный климатический коэффициент тепло- и влагообеспеченности, $0 < K_t < 1$ – коэффициент теплообеспеченности, $0 < K_v < 1$ – влагообеспеченности, B_p – балл бонитета почв по районной шкале. Значение B_k характеризует общероссийский атмосферный фон тепла и влаги. Значения K_t и K_v детализируют его.

$$K_t = 1 - [1 - (T/T_{опт})^2]; K_v = 1 - [1 - (W/W_{опт})^2] \\ K_{тв} = K_t \cdot K_v = \{1 - [1 - (T/T_{опт})^2]\} \cdot \{1 - [1 - (W/W_{опт})^2]\} \quad (3)$$

В таблице показано сопоставление средних многолетних урожайностей озимой пшеницы в районах Краснодарского края с тепло-влажностными показателями $K_{тв}$ весенне-летнего периода вегетации (по данным метеостанций Краснодарского края). Сопоставление показало высокую корреляцию R урожайности ц/га с показателем $K_{тв}$: $R = 0.89$. Если ввести еще показатель B_p , которым мы не располагали, то корреляция будет еще выше.

Примером, показывающим необходимость местных грунтовых показателей тепло- и влагообеспеченности, является Волго-Ахтубинская пойма. По атмосферным показателям она принадлежит к сухостепной и полупустынной провинциям природно-сельскохозяйственного районирования страны (Розов, Шашко 1983), но из-за пресноводного грунтового увлажнения р.р. Волги и Ахтубы является всероссийским огородом со всемирно известными арбузами, помидорами и др.

Таблица 1. Сопоставление средних многолетних урожайностей озимой пшеницы в Краснодарском крае с расчетными величинами $K_{тв} = K_{в} * K_{т}$.

Метеостанции	W/W ₀	K _в	T, °C	T/T ₀	K _т	K _в *K _т	ц/га
Белая глина	0.51	0.76	14.0	0.78	0.88	0.67	23.5
Каневская	0.57	0.82	13.5	0.75	0.85	0.70	29.6
Тихорецк	0.61	0.85	13.5	0.75	0.85	0.72	26.3
Кореновск	0.69	0.90	13.7	0.76	0.86	0.77	38.4
Славянск-на-Кубани	0.74	0.93	12.9	0.71	0.80	0.74	31.1
Усть-Лабинск	0.70	0.91	13.9	0.77	0.87	0.79	40.1
Краснодар (Круглик)	0.63	0.87	14.1	0.78	0.88	0.76	35.9
Крымск	0.68	0.90	13.4	0.74	0.84	0.75	33.1
Майкоп	0.68	0.90	13.4	0.74	0.84	0.75	28.7

Муниципальный уровень оценок почвенно-климатического потенциала земель детализируется на объектном уровне – конкретное поле, земельный, рабочий участок. На объектном уровне используются те же показатели, что и на муниципальном уровне, но более детально, по декадным гидрометеорологическим данным. Этот уровень – задача земледелия, внутрихозяйственного землеустройства. Кроме температуры воздуха и почвы, осадков, запасов влаги в почве, дефицитов давления водяного пара в приземном слое почвы и других традиционных гидрометеорологических показателей, на объектном уровне применяются показатели, характеризующие непосредственное состояние растений: степень открытия устьиц, соотношение транспирации и испаряемости, целый ряд показателей перезимовки растений. Один из наиболее перспективных показателей – термодинамический потенциал почвенной влаги ΔG показывающий, какую работу (джоули/грамм) надо затратить, чтобы воду, связанную водоудерживающими силами почвы (сорбционные ван-дер-ваальсовы силы сцепления, капиллярные водоудерживающие и осмотические силы) превратить в свободное состояние. Однако технические и финансовые трудности не позволяют реализовать его в полной мере.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- В ряду почвенно-климатических факторов, определяющих продуктивность и ценность земель, ведущими являются климатические, а среди них – тепло- и влагообеспеченность.
- Совокупную оценку земель по тепло- и влагообеспеченности можно производить в виде произведения частных оценок по теплообеспеченности и по влагообеспеченности.
- На межрегиональном и региональном уровне «работают» среднегодовые атмосферные показатели.
- На муниципальном уровне требуются средние за вегетационный период показатели.
- На объектном уровне требуются показатели динамики вегетационного периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розов Н.Н., Шашко Д.И. и др. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. – М: Колос, 1983. 335 с.
2. Скалабан В.Д. О возможности расчета урожая с.х. культур по производственным факторам // Вестник с.х.науки.– 1983.– №5. С. 138–143.
3. Скалабан В.Д. Оценка урожайности сельскохозяйственных культур в агроландшафтах // Сохранение и устойчивость антропогенных ландшафтов.– М.: Наука, 1984. – С.49–59
4. Скалабан В.Д. Агроэкологические данные земельного кадастра в стратегии устойчивого развития России. – М.: Академический Проект, 2009. 256 с.
5. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. – М: Колос, 1967. 331 с.
6. Шашко Д.И., Скалабан В.Д. Оценка условий роста культур по совокупному коэффициенту продуктивности. // Вестник сельскохозяйственной науки. 1982, № 1. С.31–38.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ (ГКОСХУ) РОССИИ

Д.В. Скалабан

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, МГУ им. М.В. Ломоносова, Skalaban78@mail.ru

В начале 90-х годов в России учреждается платность землепользования. Основные виды платежей за землю: разовая плата при приобретении земли, ежегодные налоги, арендные платежи. Исчисление платежей осуществляется на основе кадастровой оценки земель.

Потребовалась методика кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий – ГКОСХУ. За основу была взята методика экономической оценки, сложившаяся в СССР в 80-е–90-е годы и основанная на исчислении рентных доходов [1, 2]. Применение методики экономической оценки для новых целей, в новых условиях свободных рыночных отношений, при новых технических возможностях обработки информации выявило её следующие недостатки и пути совершенствования.

1. Трудоёмкость и несовершенство вычислительных работ.
2. Несовершенство работ по диагностике и определению баллов бонитета почв.
3. Отсутствие обобщённых оценок экологического состояния угодий.
4. Методика не предусматривает использование дифференциальной ренты P2 объектов оценки, оказывающей большое влияние на их общественную ценность.

Следует напомнить, что дифференциальная земельная рента – дополнительный доход, получаемый за счет использования более благоприятных свойств земли (дифференциальная рента P1 – плодородие, технологические свойства, транспортные затраты по сбыту продукции и дифференциальная рента P2 – более благоприятные созданные человеком условия производства, элементы инфраструктуры).

Все эти обстоятельства определили тему работы, ее актуальность. *Цель работы:* разработать автоматизированную систему кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий и рекомендации по внедрению её в земельно-кадастровое производство России.

Получены и апробированы на примере Московской области следующие результаты.

– Автоматизированы вычисления вышеуказанных видов ренты P1 и кадастровой стоимости СХУ в типовой программной среде Microsoft Excel.

– Автоматизирована диагностика почв путём последовательной фильтрации диагностических признаков почв Московской области в программной среде Microsoft Excel.

– Предложено наряду с исчислением видов ренты P1 по плодородию (баллы бонитета B_i), по технологическим свойствам (индексы И_{тi}), по транспортным затратам (эквивалентное расстояние Э_{рi}) использовать четвёртый показатель – ППЭК О.А.Макарова с сотрудниками – интегральный показатель экологического состояния почв.

– В дополнение к существующей методике ГКОСХУ автор предлагает оперативную методику определения кадастровой стоимости по суммарной ренте P1+P2, которая исчисляется прямым сопоставлением производственных доходов В и затрат З: $P1+P2 = В-1.07*З$, без вычисления составляющих ренты P1 по B_i, И_{тi}, Э_{рi}, ППЭК.

В таблице 1 в качестве примера приведено сопоставление исчисления кадастровой стоимости K_{сi} хозяйств в Серпуховском районе Московской области традиционным способом [1] и предлагаемым автором способом (графы 7 и 8). Различия небольшие и объясняются следующими причинами.

Во-первых, в предлагаемой методике определения K_{сi} (графа 7) устранены погрешности вычислительных работ, описанные нами ранее [3].

Во-вторых, в предлагаемой методике определения K_{сi} (графа 8) напрямую сопоставляются доходы-затраты, включая всё многообразие факторов P1 и P2, в то время как в традиционной методике всё многообразие факторов P1 и P2 сопоставляется только на уровне субъекта РФ, а внутри субъекта корректируется факторами P1. Что мы получаем в итоге? Неясно!

Считаем уместной следующую аналогию. Архимедова вытесненная вода включает все выпуклости и вогнутости погруженного в воду тела, без их дифференциации. Аналогично предлагаемое автором исчисление K_{сi} путём непосредственного сопоставления доходов В и затрат З в виде $В-1.07*З$ даёт суммарное значение K_{сi}, без дифференциации на P2 и составляющие компоненты P1 (по B_i, И_{тi}, Э_{рi}, ППЭК). Мы не отрицаем существующую методику, исчисляющую эти компо-

ненты, а дополняем её суммарным $P1+P2$ оперативным определением кадастровой стоимости Kci по бухгалтерской отчётности (величины B и $З$).

Таблица 1. Оценка кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий Серпуховского района Московской области исчислением полной дифференциальной ренты $P1+P2= B-1.07*З$.

№	Землепользование	B_i	$З$	$1.07*З$	$P_i=B-1.07*З$	$Kci (P_i+12)*33$	Kci традиц.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Серпуховский район	4291	2749	2941	1350	44932	41538
2	АО «Балковское»	4518	2797	2993	1525	50728	46365
3	С/х пр. «Восход»	4518	2797	2993	1525	50728	45111
4	ТОО «Услуга»	4518	2797	2993	1525	50728	45342
5	ООО «Строитель»	4518	2797	2993	1525	50728	45342
6	АОЗТ «Дашковское»	3823	2648	2834	989	33054	32505
7	АО «Занарское»	3736	2634	2818	918	30677	27720
8	АО «Заокское»	4518	2797	2993	1525	50728	49698
9	АО «Молодая гвардия»	4083	2703	2892	1191	39692	41976
10	АО «Серпуховское»	3910	2664	2850	1060	35360	33825
11	ТОО «Аграрий»	4518	2797	2993	1525	50728	45144
12	ТОО «Агрофорт»	4518	2797	2993	1525	50728	45144
13	ОАО «Дружное»	4518	2797	2993	1525	50728	46266
14	ПТП «Одоево»	4083	2703	2892	1191	39692	42174
15	Совхоз «Туровский»	3736	2635	2819	917	30642	28908
16	С/х пр. «Вера»	4518	2797	2993	1525	50728	44022
17	АО «Зубр»	4518	2797	2993	1525	50728	45144
18	ТОО «Агроколледж»	4518	2797	2993	1525	50728	44022
19	П/х ДО «Авангард»	4171	2720	2910	1261	41996	38973

В заключение отметим, что, в отличие от отечественной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий, за рубежом (в частности, в странах Западной Европы и США, а также в других экономически развитых странах) рассматривается лишь соотношение налоговых сборов к площади сельскохозяйственных угодий, и не существует административно закреплённая минимальная норма доходов, ниже которой сельскохозяйственные угодья освобождаются от налогообложения. В то же время капиталовложения государства в сельскохозяйственные угодья чрезвычайно велики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. – М.: Росземкадастр, 2001. – 152 с.
2. «Правила проведения государственной кадастровой оценки земель», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 08.04.2000 г. № 316.
3. Скалан Д.В. Совершенствование государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий России // Проблемы региональной экологии. – 2010, № 6.
4. Экономическая оценка и сертификация почв и земель. – М.: МаксПресс, 2008. – С. 238.

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНДЕКС В СИСТЕМЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВАН.П. Сорокина, Т.Н. Авдеева, Н.В. Савицкая, В.В. Грибов
Почвенный институт и. В.В. Докучаева, Москва, sorokina_np@list.ru

В изменившихся социально-экономических условиях двух последних десятилетий усилилась агроэкологическая направленность в изучении и оценке структуры почвенного покрова (СПП), особенно в связи с распространением адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Кирюшин, 2005). Среди насущных методических задач – количественная оценка почвенно-ресурсного потенциала земельных массивов, необходимая для объективного сравнения их качества как в пределах ландшафтов, так и на региональном и межрегиональном уровнях. Такая задача наиболее сложна и актуальна для неоднородных в почвенном отношении территорий.

Представляется целесообразным включить в состав используемых оценочных показателей почвенного покрова земельных массивов почвенно-экологический индекс (ПЭИ), предложенный И.И. Кармановым (1985). ПЭИ может использоваться как для оценки отдельных почв, так и почвенных комбинаций (ПК), а также для земельных массивов со сложной СПП. При агроэкологической и кадастровой оценке почвенного покрова ПЭИ обладает рядом преимуществ по сравнению с другими оценочными критериями. Во-первых, ПЭИ является интегральным количественным показателем, т.к. учитывает широкий спектр почвенных и климатических характеристик, определяющих агроэкологический потенциал почв и почвенного покрова (коэффициенты увлажнения и континентальности, плотность почвы в метровом слое, гранулометрический состав почв и пород, другие агроэкологически значимые свойства почв). Во-вторых, в отличие от региональных систем оценки и бонитировки, с помощью ПЭИ возможно сравнение производительной способности (агроэкологического потенциала) оцениваемых почв и ПК в единой общероссийской шкале. Наконец, определение ПЭИ практически несложно, благодаря разработанной И.И. Кармановым системе расчетных таблиц.

В настоящем сообщении рассматриваются некоторые результаты использования ПЭИ, полученные для ряда экспериментальных полигонов и ключевых участков Почвенного института им. В.В. Докучаева, расположенных в различных зонально-региональных условиях. Расчеты выполнены в соответствии с методикой И.И. Карманова, опубликованной в монографии «Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв» (М., 1991). ПЭИ определялся на каждом объекте для всех почв, ПК и для земельного массива в целом. Значения ПЭИ для преобладающих автоморфных почв на рассматриваемых объектах Московской, Тульской, Курской, Воронежской областей и Калмыкии соответственно 50–70–88–63–25, что характеризует ожидаемый широкий диапазон почвенно-экологических условий. Более интересными представляются результаты оценок почв и почвенных комбинаций в пределах каждого объекта. Рассмотрим несколько примеров.

На земельном массиве площадью 3000 га, расположенном в Московской области, все пахотные почвы относятся к одному типу – дерново-подзолистых суглинистых, в разной степени эродированных и оглеенных. Тем не менее, диапазон ПЭИ для разных почв превышает 20 баллов: 49.9 для автоморфных Пд, 29.7 – для Пд среднеэродированных. На другом участке с выраженной литологической неоднородностью различия автоморфных дерново-подзолистых супесчаных и тяжело-суглинистых почв составляют 12 баллов. Это позволяет построить для данных объектов достаточно детальную 20-балльную шкалу агроэкологического потенциала почв. Кроме того, диапазон ПЭИ является ориентировочной оценкой педоэкологического разнообразия изучаемых объектов и может использоваться для их сравнения по этому показателю.

Наибольшее значение имеет оценка почвенных комбинаций. Она складывается из интегральной оценки ПК (средневзвешенное по долевым участкам компонентов СПП значение ПЭИ) и оценки педоразнообразия и контрастности комбинации.

Контрастность каждой ПК определяется как отношение ПЭИ компонентов с максимальным и минимальным значением показателя. Средневзвешенная оценка ПЭИ всего массива проводится путем суммирования ПЭИ всех ПК с учетом их долевого участия в массиве. В качестве примера в табл. 1 и 2 приводится расчет значений ПЭИ для ПК двух сельскохозяйственных полей, расположенных в одном хозяйстве Озерского района Московской области. Первый участок (табл. 1) характеризует расчлененную водораздельную равнину с однородными покровными суглинистыми от-

ложениями и доминированием серых лесных почв. Второе поле (табл.2) находится на границе террасы Оки и Средне-Русской возвышенности, а потому отличается значительной литологической и почвенной неоднородностью.

Таблица 1. Полигон «Озеры». Ключ 1. Почвенные комбинации и ПЭИ

ПК	% ПК от всего массива	ПЭИ		
		Средне- взвешенные значения ПЭИ для ПК	Диапазоны ПЭИ в ПК	Контрастность ПК: ПЭИ max/ ПЭИ min.
СЛ(08) СЛЭ1(0.2)	65	60	62–51	1.21
СЛЭ1(0.65) СЛ(0.35)	15	55	62–51	1.21
СЛЭ1(0.9) Сл (0.1)	5	52	62–51	1.21
СЛЭ1(0.7) СЛЭ2 (0.2) СЛн (0.1)	3	50	62–40	1.55
СЛ(0.5) СЛГ1(0.3) СЛЭ2(0.2)	10	54	62–43	1.44
СЛЭ1(0.5) СЛГ1(0.4) СЛЭ2(0.1)	2	47	52–40	1.3
Средневзвешенное значение ПЭИ для всего массива		58.7		
Контрастность массива по ПК		1.27		

Таблица 2. Полигон «Озеры». Ключ 2. Почвенные комбинации и ПЭИ

ПК	ПЭИ			
	% ПК от всего массива	Средне- взвешенные значения ПЭИ для ПК	Диапазоны ПЭИ в пределах ПК	Контрастность ПК
Пд(0.6) Пдог(0.3) Пдг(0.1)	11	40	43–33	1.3
Пдог(0.8) Пдг(0.2)	1.2	36	36–33	1.1
СЛ ^с (0.9) СЛ ^г (0.1)	28	57	57–52	1.1
СЛ ^с (0.6) СЛ ^г (0.4)	12	55	57–52	1.1
СЛ (0.8) СЛЭ1(0.2)	20	60	62–51	1.2
СЛЭ1(0.65) СЛ (0.35)	3.6	55	62–51	1.2
СЛЭ1(0.7) СЛЭ2(0.2)СЛн (0.1)	7.3	50	62–40	1.55
СЛЭ1(0.5)СЛГ1(0.4) СЛЭ2(0.1)	2.2	47	52–40	1.3
Средневзвешенное значение ПЭИ для всего массива		46.0		
Контрастность массива по ПК		1.67		

Приведенные в таблицах данные показывают, что разброс значений ПЭИ в пределах массива различен для разных объектов и может служить для характеристики внутриландшафтной неоднородности агроэкологического состояния почвенного покрова. Так, ключ 1 характеризуется более благоприятными почвенными условиями, чем ключ 2, так как имеет более высокий ПЭИ и отличается меньшей почвенно-экологической контрастностью.

Из всех обследованных объектов наибольшей контрастностью, как и следовало ожидать, отличается комплексный почвенный покров Аршань-Зельменского стационара (Калмыкия). Он характеризуется чрезвычайно большим диапазоном ПЭИ компонентов комплекса: для лугово-каштановых почв – 42.7; для светлокаштановых – 25, для солонцов – 6.7. Контрастность почвенных комбинаций достигает 4, что, по-видимому, является максимальной величиной для сельскохозяйственных массивов.

Проведенный анализ, на наш взгляд, свидетельствует о перспективности включения ПЭИ как показателя почвенно-ресурсного потенциала в состав оценочных показателей СПП. Использование ПЭИ, наряду с уже разработанными в методологии СПП с 1970-х гг. оценками неоднородности и контрастности СПП, позволит усилить экологическую составляющую оценки СПП и преодолеть региональные ограничения, создав межрегиональные шкалы педоразнообразия и экологической контрастности ПК.

Использование ПЭИ целесообразно также при внутривозрастной агроэкологической и кадастровой оценке почвенного покрова и земель. До сих пор данный показатель применяется пре-

имущественно на региональном и зональном уровне. На наш взгляд, приведенные выше оценки ПЭИ органично встраиваются в уже разработанную и успешно применяемую систему, основанную на методологии СПП и сельскохозяйственной типологии земель («Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий», 2005). Использование ПЭИ (средневзвешенное значение, диапазоны и контрастность) в применении к агроэкологическим группам и видам земель дает возможность сопоставления их почвенно-ресурсного потенциала в единой шкале. С учетом процентного соотношения агроэкологических групп может быть получена обобщенная оценка для всего агроландшафта или землепользования хозяйства. Такой анализ, проведенный авторами для полигона «Зеленоградский» (Московская область) показал различие почвенно-экологических показателей трех почвенных микрорайонов, имеющих различное соотношение агроэкологических групп ПК. Подобная информация полезна при оценке кадастровой стоимости земель.

Вместе с тем, безусловно, должны быть продолжены методические разработки по уточнению конкретных поправочных коэффициентов для ПЭИ. Так, недостаточно учтено разнообразие двухчленных отложений, влияющих на агроэкологический потенциал почв. Оценка ПЭИ полугидроморфных ПК представляется несколько завышенной, что показало сравнение с реальным снижением урожая на ареалах оглеенных почв. Требуется либо корректировка ПЭИ почв гидроморфного ряда, либо введение поправок на неоднородность ПК. Поэтому для внутривозрастной оценки необходима верификация характеристик ПЭИ данными экспериментальных исследований (карта СПП, агроэкологическая группировка земель, шкалы лимитирующих земледелие показателей, учеты урожая).

Так, на опытном поле с овощным севооборотом (Быковское расширение Москворецкой поймы) проведено сопоставление ПЭИ с продуктивностью культур за одну ротацию. Почвенный покров характеризуется ПК, состоящей из трех компонентов: агрогумусовые глееватые срединно и неглубоко оглеенные насыщенные (76 % площади); агрогумусовые элювиированные глубинно глееватые насыщенные (24 %); агрогумусово-глеевые профильнооглеенные насыщенные (2 %). ПЭИ этих почв соответственно 59 – 70 – 44. Если принять минимальное значение ПЭИ за 1, отношение в ряду составит 1.34 – 1.59 – 1.0. Второй ряд – продуктивность овощных культур за ротацию (з.е.): 311 – 351 – 230. Отношение значений в этом ряду 1.32 – 1.52 – 1.0. Таким образом, сопоставление рядов ПЭИ и продуктивности показывает вполне удовлетворительные результаты: ПЭИ количественно характеризует агроэкологический потенциал почв. В целом для ПК он составляет 62.

Подобный анализ выполнен и для других объектов. Составлены карты ключевых участков с характеристикой ПЭИ агроэкологических групп ПК.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВ ТАМБОВСКОЙ РАВНИНЫ

Л.В. Степанцова, В.Н. Красин, Т.В. Красина

Мичуринский государственный аграрный университет, Stepanzowa@mail.ru

Северная часть Тамбовской равнины достаточно дренирована, поэтому на водораздельных пространствах грунтовые воды залегают на глубине более 7–10 м и не влияют на почвообразовательные процессы. Черноземовидные оподзоленные слабооглеенные и черноземовидные подзолистые глееватые почвы располагаются пятнами среди выщелоченных черноземов и приурочены к открытым лощинам и замкнутым степным «блюдцам». Гидроморфизм черноземовидных почв обусловлен застоем в их профиле в весенне-раннелетний период поверхностных и склоновых намывных вод. Образование «верховодки» связано исключительно с осадками зимнего периода года. Летние осадки расходуются на испарение. Даже при обильных ливневых летних дождях верховодка в профиле черноземовидных почв водоразделов не образуется, если она не сформировалась в весенний период. Окислительно-восстановительный режим черноземовидных почв водоразделов характеризуется кратковременным и незначительным весенним падением потенциала в верхних гумусовых горизонтах (0–+100 мВ). Холодные снеговые воды насыщены кислородом, и восстановительные условия начинают развиваться только тогда, когда среднесуточная температура воздуха становится выше +10 °С. Максимальное падение ОВП (до –50 мВ) наблюдается при засушли-

вой теплой весне в годы с большим количеством зимних осадков. Обильные дожди ведут к установлению в почве окислительных условий.

За исключением черноземовидных подзолистых глееватых почв профиль черноземовидных почв водоразделов севера Тамбовской равнины не дифференцирован по гранулометрическому составу. В профиле отсутствует четко выраженный водоупор. Хотя черноземовидные почвы поверхностного заболачивания сформировались на одной и той же, что и выщелоченный чернозем почвообразующей породе, оглеение нижних горизонтов способствует утяжелению их гранулометрического состава и резкому снижению пористости. Это резко снижает скорость вертикальной фильтрации воды и способствует увеличению периода внутрипочвенного ее застоя. Во второй части вегетационного периода верхние горизонты просыхают до влажности значительно ниже предельной полевой влагоемкости, в то время как из нижних горизонтов вода в отдельные годы может не уходить вовсе. В верхней части профиля преобладает контрастный застойно-промывной водный режим, а в нижней – устанавливается застойный режим. Даже в экстремально-сухом 2010 году в нижней части профиля черноземных подзолистых глееватых почв наблюдалась верховодка, оставшаяся с предыдущего года, хотя влажность верхних горизонтов опустилась до значений ниже влажности завядания.

Продолжительность застоя влаги в профиле определяется размерами области питания и характером рельефа депрессий.

В замкнутых «блюдцах» период застоя влаги тем продолжительнее, чем больше область питания западины и значительны запасы влаги в снеге. Внутрипочвенный застой влаги сопровождается поверхностным затоплением. В условиях ежегодного контрастного застойно-промывного водного режима формируются черноземовидные подзолистые глееватые почвы с ярко выраженным кислым элювиальным (подзолистым) горизонтом, обилием ортштейнов в верхней части профиля, гумусовых кутан и пятен оглеения – в нижней. Агротехническими приемами регулировать водный режим почв таких понижений не возможно. Наблюдаются ежегодные вымочки в центре депрессии. Распашка таких понижений нецелесообразна.

В открытых депрессиях рельефа размеры области питания определяют количество влаги, поступающей в ложину. Распределение ее между поверхностным и внутрипочвенным стоком зависит от состояния поверхности почвы. Если ложина и прилегающие к ней участки находятся в уплотненном состоянии (озимь или многолетние травы), то большая часть накопившейся в снеге влаги расходуется на поверхностный сток, и верховодка в профиле черноземовидных почв находится кратковременно. По зяблевой обработке или парующей пашне большая часть влаги переводится из поверхностного стока во внутрипочвенный. Обрабатываемые черноземовидные оподзоленные почвы, как правило, значительно больше уплотнены по сравнению с окружающими их черноземами, в результате внутрипочвенный отток влаги происходит крайне медленно. Высокая плотность и неблагоприятный водный режим являются причинами низкой продуктивности сельскохозяйственных культур на этих почвах.

Черноземовидные почвы грунтового увлажнения и заболачивания формируются на низких надпойменных террасах, сложенных аллювиальными тяжелосуглинистыми отложениями. Их гидроморфизм обусловлен близким уровнем грунтовых вод, который в условиях севера Тамбовской равнины имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав. Грунтовые воды препятствуют нисходящей фильтрации поверхностных вод. В отличие от верховодки, формирующейся в профиле черноземовидных почв водораздела, уровень грунтовых вод более постоянен и определяется многолетним циклом изменения уровня грунтовых вод. Окислительно-восстановительный режим характеризуется глубоким весенним падением потенциала в верхних гумусовых горизонтах (-100 мВ -150 мВ). В замкнутых понижениях в весеннее время скапливаются поверхностные воды, продолжительность периода затопления определяется размерами области питания конкретного понижения. Близкий уровень грунтовых вод (1.5–3 м) и тяжелый гранулометрический состав почв определяют постоянную капиллярную подпитку верхних горизонтов, в результате чего влажность почвы редко опускается до значений ППВ. Мероприятия по дополнительному накоплению влаги (зяблевая обработка) приводят к длительному застою влаги в верхних слоях почвы. В условиях уплотненной пашни большая часть влаги, накопившейся весной в снеге, тратится на поверхностный сток. После зяблевой обработки, практически вся влага скапливается в небольшом по мощности гумусовом горизонте. Так как нисходящая фильтрация воды не возможна, почва находится в переувлажненном состоянии, до тех пор, пока избыточная влага не расходуется на физическое испарение.

Выщелоченные черноземы характеризуются мощным 60–80 см гумусовым горизонтом и карбонатным с глубины 130 см, с недефинированными карбонатными конкрециями. Переход от гумусового горизонта к иллювиальному ясный, отсутствуют гумусовые потеки и глинистые кутаны. Надежным диагностическим признаком черноземовидных почв грунтового заболачивания является близкий уровень грунтовых вод, который можно зафиксировать в течение всего вегетационного периода, и окарбончатая нижняя часть профиля. В черноземовидных почвах поверхностного заболачивания верховодку можно обнаружить только весной во влажные по зимним осадкам годы, поэтому более надежным показателем поверхностного заболачивания являются морфологические признаки. Это в первую очередь отсутствие карбонатных новообразований в двухметровой толще, марганцевые вкрапления и глинистые кутаны. Даже черноземовидную выщелоченную почву без ярких признаков оподзоливания, с непродолжительным застоём влаги в нижней части гумусового горизонта, от выщелоченного чернозема в полевых условиях можно отличить по наличию марганцевых вкраплений и тонких глинистых кутан в бескарбонатной части переходного горизонта, внутренней дифференциации карбонатных конкреций на ядро и оболочку.

Диагностировать черноземовидные оподзоленные почвы по появлению кремнеземистой присыпки в переходном горизонте можно только в сухие сезоны, когда влажность почвы приближается к влажности завядания. Во влажном состоянии более надежным показателем является наличие марганцевых вкраплений и гумусово-глинистых кутан. Появление ортштейнов в почвенном профиле свидетельствует о продолжительном весеннем застоё влаги в верхних горизонтах. Следует иметь в виду, что при поверхностном заболачивании даже при крайне неблагоприятном водном режиме и невозможности возделывания полевых культур севооборота морфохроматические признаки оглеения могут отсутствовать в почвенном профиле, а при грунтовом заболачивании и даже при появлении пятен оглеения в гумусовом профиле возможно нормальное развитие зерновых при мелиорации.

В южной части Тамбовской равнины типичные черноземы, приурочены к хорошо дренированным участкам, примыкающим к глубоким балкам и оврагам. Они характеризуются мощным 90–120 см гумусовым горизонтом и карбонатным, непосредственно под ним с обильным карбонатным мицелием. Грунтовые воды на слаборасчлененных водораздельных пространствах залегают на глубине от 3–5 м до 1–3 м. Амплитуда колебаний уровня грунтовых вод по сезонам года и по отдельным годам составляет от 1 до 2.5–3.5 м в зависимости от количества и характера распределения осадков. На возвышенных участках водораздела, где глубина грунтовых вод составляет 3–4 м, располагаются черноземовидные типичные и черноземовидные оподзоленные глубокооглеенные почвы. Последние приурочены к пологим обширным мало заметным в рельефе депрессиям. Обширная область питания и залегание грунтовых вод на глубине 3–4 м, препятствующих вертикальной фильтрации, определяют формирование в их профиле верховодки в средние и влажные по зимним осадкам годы. В экстремально-сухом 2010 году верховодка не была зафиксирована. В черноземовидной оподзоленной почве карбонаты вымыты на глубину 130–150 см, а в нижней части гумусового и верхней части переходного горизонтов формируется четко выраженная кремнеземистая присыпка, которая диагностируется только при подсыхании разреза. Дополнительными морфологическими признаками поверхностного заболачивания являются обильные марганцевые вкрапления и гумусовые кутаны в бескарбонатной верхней части переходного горизонта, они хорошо видны и во влажном состоянии. Из-за длительного застоя влаги участки распространения этих почв переведены в луговые угодья, но в сухие годы их распахивают, естественная растительность, хорошо обеспеченная водой, дает высокий урожай зеленой массы.

К пониженным и наименее дренированным участкам приурочен комплекс черноземовидных солонцеватых почв и черноземовидных поверхностных и глубоких солонцов. Осолонцеванию способствует гидрокарбонатно-кальций-натриевый состав грунтовых вод, уровень которых в меньшей степени зависит от количества осадков предшествующего зимнего периода. Даже в экстремально сухом 2010 году наблюдался застой влаги в нижней части профиля. Солонцеватые горизонты обладают неблагоприятными агрофизическими свойствами и склонностью к заплыванию. В весенний период в них продолжительное время застаивается вода. Дополнительная подпитка за счет капиллярного подтягивания влаги, определяет хорошую обеспеченность растений влагой и за исключением черноземовидного поверхностного солонца на них получают высокие урожаи зерновых культур. Естественная растительность угнетена и представлена в основном полынями. Поверхностные солонцы приурочены к небольшим микрозападинам. Во влажные и средние по зимним осадкам

годы наблюдается длительный поверхностный застой влаги. Даже в 2010 году на участке его распространения наблюдалась вымочка. Диагностируются почвы по наличию солонцеватого горизонта столбчатой или глыбистой структуры и наличию мощного карбонатного горизонта с несколькими видами карбонатных конкреций на различной глубине. Постоянный длительный застой влаги в нижней части профиля определяет оглеение мелкозема и мраморовидную окраску. Щелочная реакция почвы способствует увеличению подвижности гумуса и образованию обильных плотных гумусовых кутан.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант № 10-04-00027.

УДК 631.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ОХРАНЫ ПОЧВ БАШКИРИИ

Р.Р. Сулейманов¹, Е.В. Абакумов², Р.М. Халитов², Э.Ю. Котлугалямова³

¹Институт Биологии Уфимского Научного центра РАН, Уфа, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Национальный парк Башкирия, п. Нугуш, Россия

Почвы Республики Башкортостан – уникальный и важнейший ресурс ключевого, опорного Субъекта Российской Федерации. Это связано не только с тем, что на территории Башкирии представлены как гумидные, так и семигумидные, семиардные и даже аридные варианты природных зон, но и с тем, что здесь расположен уникальный южноуральский природный экотон – пограничная, биологически транзитная зона, соединяющая и одновременно разделяющая Европу и Азию. Поэтому роль почв, как пространственного и ресурсного базиса экосистем возрастает именно в контексте сохранения биологического и ландшафтного разнообразия на пограничной межконтинентальной территории.

В Башкирии граничат не только различные биомы Евразии, но и макрокосмы почв – умеренно-континентальных европейских и континентальных зауральских (сибирских). Ресурсное, таксономическое, генетическое и биологическое разнообразие почв в пределах Башкирии очень велико, но далеко не до конца изучено и оценено. Современное управление почвенными и другими природными ресурсами немыслимо без их грамотной оценки, без создания стройной и природной систематики, без анализа роли почвенного покрова в поддержании экологической стабильности ключевого региона РФ.

Ранее существовавшие систематические и классификационные подходы к оценке разнообразия почв были в основном агрономически ориентированными, в частности, они не учитывали разнообразия почв в связи с выполнением ими основных экологических функций, не обращали внимания на естественноисторическую и эстетическую ценность почв. Это не позволяло выявлять объекты почв, с которыми связаны объекты природы, несущие в своем составе памятники природы, редкие фитоценозы, редкие виды растений, животных и т.д. В работах по созданию реестра охраняемых почв Башкирии в настоящее время применяется субстантивно-профильная диагностика и классификация почв, что позволяет выявить природную ценность почв, их разнообразие, принадлежность к различным категориям охраны.

В последние десятилетия появились новые подходы в оценке ресурсного и таксономического разнообразия почв, которые позволяют эффективно оценивать ценность и важность почвенного покрова ландшафтов и макроландшафтов для сохранения стабильной экологической и биологической обстановки в пределах субъекта РФ. Такими инструментами являются предусмотренные в ФЗ «Об охране окружающей среды» механизмы охраны почв, в том числе создание Красной книги почв Башкирии.

Агроресурсный потенциал почв региона наряду с основным фактором – плодородием почв определяется совокупностью целого ряда дополнительных факторов. Среди них мы выделяем следующие: *земельный* (площадь и состав сельскохозяйственных угодий), *климатический* (обеспеченность теплом и влагой), *агро-биологический* (виды сельскохозяйственных культур, сорта, репродукции семян), *агрохимический* (необходимый ассортимент и количество удобрений и средств защиты растений), *агротехнологический* (наличие современной высокопроизводительной, почвозащитной почвообрабатывающей, посадочной и уборочной техники, а также специальной техники по уходу за посевами сельскохозяйственных культур). Дадим краткую характеристику названных выше факторов, определяющих агроресурсный потенциал области.

Земельный фактор. В доперестроечный период, то есть в начале 80-х годов, согласно данным земельного учета общая площадь сельскохозяйственных угодий составляла в области более 800 тыс. га, в том числе: пашня – 401.1, залежь – 0.7, сенокосы – 245.0, пастбища – 176.8, многолетние насаждения – 2.3 тыс.га. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в структуре земельного фонда области составляла почти 10 %.

Плодородие почв. Плодородие почв сельскохозяйственных угодий области обусловлено в первую очередь их генетическими особенностями. Почвенный покров пахотных земель представлен следующими основными группами почв: дерново-подзолистые – 180 тыс. га, (45 %); дерново-подзолистые глееватые и глеевые – 137 тыс га, (34.2 %); дерново-карбонатные – 62 тыс. га, (15.3 %); торфяные низинные и переходные – 12 тыс. га, (3 %); пойменные дерновые – 10 тыс. га, (2.5 %). Эти же группы почв образуют основной фон на остальных сельскохозяйственных угодьях. Все сельскохозяйственные угодья с переувлажненными и заболоченными почвами были осушены, осушительные системы поддерживались в необходимом функциональном состоянии.

Большинство перечисленных выше почв в естественном состоянии характеризуются наличием свойств, ограничивающих их сельскохозяйственное использование. Это: повышенная кислотность, незначительная мощность гумусового горизонта, низкое содержание гумуса и элементов питания, а также необходимость регулирования водного режима на большей части сельскохозяйственных угодий. Эффективное использование таких почв в сельском хозяйстве могло стать возможным только после проведения комплекса мероприятий по окультуриванию: осушение и регулирование водного режима, известкование, систематическое внесение органических и минеральных удобрений, создание мощного пахотного горизонта с благоприятными агрономическими свойствами. Комплекс именно таких мероприятий и осуществлялся в области многие годы, вплоть до 90-х лет прошлого столетия. В результате проведенных мероприятий большинство почв на пашне, были доведены до высокой степени окультуренности. Почвы различных генетических групп, различавшиеся по строению (системе горизонтов) в верхней части профиля, приобрели общие признаки (одинаковое строение) агрогенно трансформированной части профиля. Профиль почв пахотных земель независимо от строения генетически унаследованного профиля, стал иметь строение типа: P–(Ap)–B–C. При этом гумусовый горизонт у таких почв очень часто достигал 30–40 см, что в 1.5–2.0 раза больше пахотного горизонта и в 2–3 раза больше мощности гумусового горизонта исходных естественных почв. Согласно новой классификации почв России почвы с такой глубокой агрогенной трансформацией и с таким строением профиля относятся к особому отделу агроземов. Данные, приведенные в таблице 1 отражают тесную взаимосвязь основных свойств почв, характеризующих их плодородие, с объемами проведенных агрохимических мероприятий за 1968–2010 годы.

Среднее содержание гумуса в пахотном горизонте почв области составляло к началу 90-х годов 4.5 %. Максимальные значения агрохимических показателей были достигнуты в почвах области к началу 90-х годов. С начала нового столетия в связи с резким сокращением объемов агрохимических мероприятий агрохимические показатели почв стали ухудшаться.

Климатический фактор. Область расположена в зоне избыточного увлажнения и недостатка тепла. При этом теплообеспеченность и количество выпадающих осадков очень сильно варьируют по годам и крайне неравномерно (неоднозначно) распределяются по вегетационному периоду. По-

этому реализация ресурсного потенциала почв и агроресурсного потенциала в целом в значительной мере зависит от степени адаптации сельхозпроизводства к погодным факторам.

Агро-биологический фактор. Ограниченность тепла, короткий вегетационный период и другие агроклиматические особенности области определяют особую важность подбора видов и сортов сельскохозяйственных культур. В области хорошо известно, что реализация ресурсного потенциала почв существенно выше при использовании качественного, элитного посадочного (семенного) материала.

Агротехнологический фактор. Обеспеченность растениеводства современной техникой на всех этапах технологического процесса – важнейшее условие наиболее полной и эффективной реализации всех составляющих агроресурсного потенциала (плодородие почв, погодные условия, семена, удобрения и пр.).

Урожайность и валовые сборы сельскохозяйственных культур являются интегральными, объективными показателями, характеризующими агроресурсный потенциал, или, говоря по-другому, уровень урожайности и валовые объемы производства растениеводческой продукции отражают степень реализации ресурсного потенциала почв и характеризуют агроресурсный потенциал области.

Таблица 1. Свойства почв и объемы агрохимических мероприятий.

Показатели	1968	1972	1978	1982	1986	1990	1994	1999	2004	2010
рН	5.34	5.38	5.44	5.58	5.68	5.77	5.79	5.84	5.80	5.60
Дост. Фосфор, мг/1 кг	113	137	155	183	196	205	209	213	214	210
Обм.калий,мг/кг	137	148	155	173	178	170	168	148	138	122
Внесение орг. Уд. тонн/га	–	17.4	18.2	18.7	18.5	18.3	11.6	4.6	4.1	4.0
Внесение мин. Уд.кг д.в./га (NPK)	–	318	302	335	310	275	130	46	44	41
Известкование,тыс. га	–	112	120	112	110	102	100	10	5	2

Таблица 2. Урожайность (ц /га) и валовые сборы (тыс.тонн) сельхозкультур.

С/х культуры	1966–1970	1971–1975	1976–1980	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006	2007	2008	2009	2010
Зерновые	<u>16</u> 97	<u>21</u> 129	<u>20</u> 108	<u>23</u> 84	<u>14</u> 50	<u>16</u> 43	<u>22</u> 52	<u>27</u> 71	<u>29</u> 84	<u>29</u> 96	<u>29</u> 104	<u>23</u> 78
Картофель	<u>124</u> 376	<u>138</u> 399	<u>120</u> 370	<u>134</u> 300	<u>105</u> 188	<u>125</u> 143	<u>155</u> 144	<u>171</u> 100	<u>187</u> 112	<u>10</u> 117	<u>191</u> 104	<u>198</u> 106
Овощи	<u>244</u> 264	<u>295</u> 314	<u>283</u> 329	<u>237</u> 239	<u>220</u> 167	<u>264</u> 161	<u>350</u> 134	<u>414</u> 130	<u>463</u> 126	<u>496</u> 138	<u>506</u> 139	<u>406</u> 115

Примечание: в числителе – урожайность, в знаменателе – валовый сбор.

Перестройка и начавшиеся вслед за ней политические реформы нанесли очень серьезный урон сельскому хозяйству области: в 1.5–2.0 раза уменьшились валовые сборы основных видов растениеводческой продукции, резко упала урожайность, существенно сократились посевные площади зерновых и основных продовольственных культур. В эти годы сельскохозяйственное производство оказалось по существу свернутым в десятках хозяйств. Прекратили свое существование крупнейшие производители овощей, картофеля и другой продукции, такие как бывшие совхозы «Выборгский», «Ленсоветовский», «Федоровский». Сельхозпредприятия оказались без привычных для них помощи и руководства со стороны государства. Агроресурсный потенциал региона, очевидно и страны в целом, самым тесным образом зависит от социально-экономических и политических условий. В последнее десятилетие прошлого века сельское хозяйство области, можно сказать, выживало. В тоже время происходила стремительная адаптация управления сельскохозяйственным производством к новым рыночным условиям на всех уровнях: предприятие, район, область. А что же происходило с почвенным ресурсом в это время? Обратимся снова к первой таблице. Благодаря своей «памяти» (по Соколову и Таргульяну) почвы пахотных земель области, а это в основном высоко окультуренные почвы и агроземы, сохраняли основные свойства, обеспечивающие плодородие, в пределах оптимальных пара метров, не смотря на кратное уменьшение объемов вносимых органических минеральных удобрений и практически полное прекращение известкования. Однако, «запаса плодородия», как и предсказывал академик В. А. Семенов, могло хватить на 10–15 лет. Затем неизбежна деградация свойств почв и необратимое падение их плодородия. В последние годы

агрохимические показатели (кислотность, содержание гумуса, фосфора и калия) стали ухудшаться, как уже отмечалось выше. В связи с этим, с первого взгляда имеет место парадокс: агрохимические свойства почв ухудшаются, а урожайность сельскохозяйственных культур и валовые сборы их увеличиваются, или, говоря другими словами, агресурсный потенциал наращивается, а почвенный ресурс истощается. Такая ситуация возможна при определенном стечении обстоятельств. Что же это за обстоятельства? *Первое*. Плодородие пахотных почв области, не смотря на явное снижение приведенных выше агрохимических показателей, пока еще остается на достаточно высоком уровне, особенно в хозяйствах и на полях, где выращивают основные культуры. *Второе*. Как уже говорилось выше, агресурсный потенциал это не только почвенный ресурс, а еще целый комплекс факторов. В первое десятилетие начавшегося столетия в растениеводческом секторе области происходило активное освоение интенсивных технологий, в которых все шире используются элементы точного земледелия, внедряются высокоурожайные сорта, используются преимущественно семена высоких репродукций, достаточно хорошо обеспечена защита посевов. Вероятно, аналогичные ситуации имеют место и в других регионах страны, то есть главное качество почвенного ресурса – плодородие почв не только не увеличивается, но и не воспроизводится.

В настоящий момент очень важно осознать, что наращивание агресурсного потенциала без воспроизводства плодородия почв будет становиться все менее эффективным, окажется ограниченным по времени, приведет к деградации почв, утрате ими ресурсного потенциала и экологической устойчивости. Серьезный урон сельскохозяйственно ценным почвенным ресурсам наносится также выводом сельскохозяйственных земель из оборота, переводом их в другие категории и несельскохозяйственные виды использования. Необходима целенаправленная государственная политика как по сохранению почвенных ресурсов, так и по повышению плодородия почв.

УДК 631.4; 631.862

МОНИТОРИНГ АГРОЛАНДШАФТОВ В СЕТИ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. Суханов¹, А.А. Комаров², Н.И. Немчинова³
ГНУ АФИ РАСХН², ООО «Агротимзем»¹, СПбГУ³, Zelenydar@mail.ru

Целью мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения на тестовых полигонах является развертывание системы постоянных (ежегодных) наблюдений за состоянием сельскохозяйственных угодий, плодородием почв, качеством и количеством сельскохозяйственной продукции. Мониторинг предусматривает своевременное выявление и оценку изменения плодородия почв, обеспечивая предупреждение и устранение негативных процессов, происходящих в почвах и окружающей среде.

Одним из определяющих параметров оценки почвенного покрова – является определение состояния почвенного плодородия. Плодородие почв включает не только все виды ресурсов, необходимых растению за вегетационный период, но и доступность их растениям. Последнее зависит от строения верхней части почвенного профиля, минералогического состава почв, запасов доступной растениям влаги, агрофизических и иных свойств, определяющих как водно-воздушный, питательный, тепловой режимы почв, так и возможности пространственного роста корневых систем, а также оптимизацию биологических свойств почв. Плодородие почв в многолетнем плане зависит также от климатических условий, фитосанитарного, эколого-токсикологического, радиологического и других категорий состояния почв. Интегральным показателем эффективного плодородия почв является урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность кормовых угодий, качество продукции растениеводства при соблюдении нормативных экологических требований.

Очевидно, что планы природоохранных мероприятий по оптимальному использованию земельного фонда, контроль состояния и воспроизводства почвенного плодородия, их реализация, могут быть осуществлены только на основе полной информации о состоянии окружающей среды и, особенно, почвенного покрова. Оптимальной формой этих работ является периодически повторяемое комплексное почвенно-агрохимическое обследование на всей площади сельскохозяйственных земель России, включающее оценку почвенного, агрохимического, микробиологического, агрофизического, токсикологического, радиологического и фитосанитарного их состояния.

Для сбора, обобщения и анализа данных необходимо было сформировать базу данных и базу знаний, а также сформировать сеть базовых полигонов, охватывающих все почвенно-климатические и иные особенности оцениваемой территории. В качестве модели такого комплексного мониторинга предлагается к рассмотрению формируемая условиях Ленинградской области сеть тестовых полигонов, призванная обеспечить проведение мониторинга состояния почвенного покрова.

В условиях Ленинградской области сеть тестовых полигонов формируется на основании контракта между комитетом по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области, ООО «Агрохимзем» и ГНУ АФИ РАСХН. В настоящее время сформировано 10 тестовых полигонов (8 полигонов ГНУ АФИ и 2 полигона ООО «Агрохимзем»), каждый площадью до 40 га. Кроме того, дополнительным, одиннадцатым полигоном является научно-методический, приборо-испытательный и научно-внедренческий полигон, расположенный на территории Меньковского филиала АФИ.

При совершенствовании методологии комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель наряду с отражением традиционных положений учитывалась необходимость:

- расширения набора контролируемых агрохимических, агрофизических и биологических показателей плодородия почв для его более полной оценки и повышения эффективности применения удобрений и других систем земледелия;

- разработки рациональных (оптимальных) уровней плодородия основных типов, подтипов и разновидностей почв по расширенному перечню показателей для ведущих сельскохозяйственных культур;

- разработки и проведения комплексного мониторинга плодородия почв, необходимого для перехода к экологически и экономически обоснованным системам земледелия;

- обеспечения взаимосвязи результатов научных исследований, материалов комплексного мониторинга плодородия почв с выходом на кадастр и общенациональную систему контроля состояния земель сельскохозяйственного назначения.

В кратчайшие сроки развернуть комплексную программу исследований на 11 тестовых полигонах оказалось возможным на основе принципов точного земледелия с использованием мобильных информационно-измерительных средств, обеспечивающих координатную привязку по GPS-приемникам. Причем, в данной работе предусматривается оценка, включающая не только привычные определения мониторинга, как-то – «наблюдение за состоянием окружающей среды с целью её контроля, прогноза и охраны (Справочник, 1999)», но и изучение прецизионных корректирующих воздействий на агроландшафт, опять же в системе точного земледелия. Схема мониторинговой сети тестовых полигонов представлена на рисунке.

Для корректировки технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур с учетом реальных погодных, хозяйственных и других условий, в течение вегетации растений необходимо ежегодно проводить оперативный мониторинг, включающий:

- оценку фитосанитарного состояния посевов, запасов продуктивной влаги и плотности почвы;

- содержание азота в почве, макро- и микроэлементов в надземной массе или в индикаторных органах растений, что осуществляется для разработки предложений по проведению своевременных подкормок и других корректирующих воздействий на состояние растений, почв, с учетом целостного экосистемного подхода.

Ряд вопросов методического характера требует дальнейшей научной проработки, прежде всего на региональном уровне, применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Так, в последние годы установлено, что уровень плодородия почвы зависит не столько от содержания общего гумуса, сколько от содержания его лабильной части или трансформируемого, активного углерода, содержащегося в нем. Изучаются аспекты прямого физиологического действия гумусовых веществ на растения, аллелопатической регуляции. Здесь могут стать определяющими ферментные, микробиологические, потенциометрические, газохроматографические, физиологические и другие оперативные тесты. Необходимо учесть, что разные фракции гумуса оказывают неодинаковое влияние и на пищевой режим растений, агрофизические и биологические свойства почвы. Требуют дальнейшей научной проработки градации обеспеченности растений питательными веществами пахотных и подпахотных горизонтов. Нуждаются в дальнейшем совершенствовании научные подходы к срокам и технике отбора почвенных образцов, рациональным уровням показателей свойств различных типов и разновидностей почв с учетом требований возделываемых культур и типов севооборотов, комплексной оценке плодородия почв и т.д.

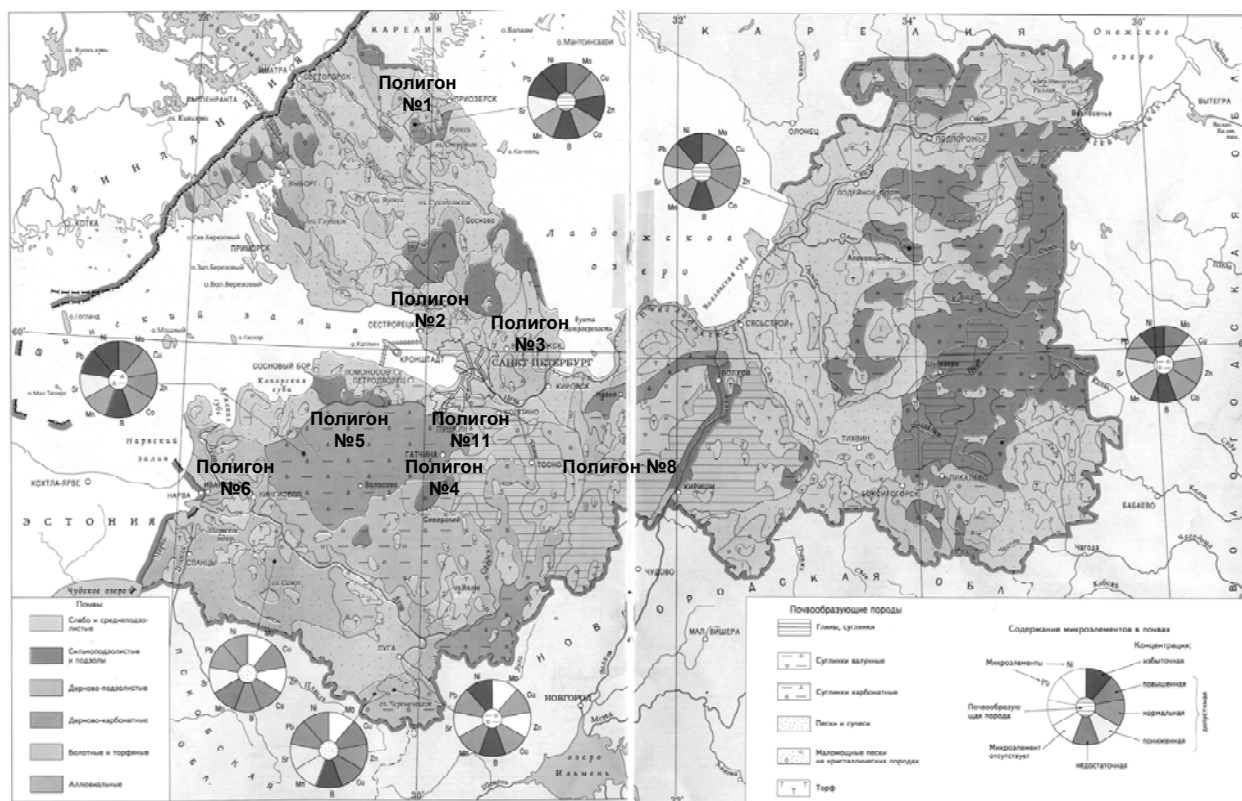


Рисунок. Сеть тестовых полигонов Ленинградской области на почвенной карте.

При проведении комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных земель (в том числе оперативного), фитосанитарное обследование почв и посевов проводят республиканские (областные, краевые) станции защиты растений; климатические и погодные условия характеризуются по данным метеослужбы; сведения о почвенном покрове и материнской породе берутся из материалов исследований Федеральной службы земельного кадастра России, а при необходимости, государственные центры и станции агрохимической службы проводят корректировку ранее проведенных обследований другими организациями. Каждый из этих видов обследований имеет свои особенности. Однако, только объективная комплексная оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель, выполненная на основе принципов точного земледелия с использованием оперативных информационно-измерительных средств, обеспечивающих координатную привязку по GPS-приемникам, современных приборов и оборудования, обеспечивающих экспрессную и качественную оценку изучаемых параметров, а также новых методических подходов – позволяет не только оценить, но и реализовать весь потенциал почвенного плодородия. Разработка на этой основе и реализация в производстве комплекса научно обоснованных агрохимических, агротехнических, фитосанитарных, противоэрозионных, мелиоративных мероприятий, позволят повысить эффективность использования удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур в 1.8–2 раза и более по сравнению не только с современным (общехозяйственным) но и даже с высокоинтенсивным уровнем. Впереди еще разработки мероприятий по реабилитации земель, загрязненных радиоактивными, химическими и иными загрязнителями, другие мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв на каждом конкретном земельном участке, которые могут быть реализованы на основе принципов точного земледелия при создании для сельского хозяйства благоприятных социально-экономических условий и обеспечении хозяйств всеми необходимыми средствами производства.

В целом формирование сети постоянно действующих тестовых полигонов позволит не только иметь объективную оценку состояния почвенного покрова, но и предотвратить загрязнение окружающей среды средствами химизации, улучшить качество и безопасность сельскохозяйственной продукции благодаря более полному учету влияющих на них факторов, реально обеспечить, тем самым продовольственную безопасность и независимость России.

Исследования проводились в Лисинском учебно-опытном лесхозе, расположенном в Тосненском районе Ленинградской области. Объект исследования – почвы под старыми лесными культурами, созданными в 1845–1847 годах под руководством Ф.К. Арнольда.

Участок расположен на правом берегу р. Лустовки и до создания культур был пашней, почвы распахивались, вносились органические удобрения в виде навоза. На бывшей пашне были созданы разные варианты культур (чистые и смешанные).

Лиственница сибирская. Описание почвенного разреза № 1

О₀₋₃ Лесная подстилка, темно-бурая, средне разложившаяся, хвощ, крапива, ветреница.

А_{(ок.) 3-28} Гумусовый (окультуренный), темно-серый, мелко-зернистый, рыхлый, суглинистый, корни, переход заметный.

АЕ₂₈₋₃₅ Переходный, рыже-серо-коричневый, мелко-зернистый, плотноватый, суглинистый, корни, переход постепенный.

В₃₅₋₆₅ Иллювиальный, коричневый, глыбистый, плотный, суглинистый, переход постепенный.

ВС_{>90} Ленточные глины.

Лиственница сибирская и сосна обыкновенная. Описание почвенного разреза № 2

О₀₋₁ Лесная подстилка, бурая, средне разложившаяся, сныть, ландыш.

А_{(ок.) 1-25} Гумусовый (окультуренный), темно-бурый, мелко-комковатый, рыхлый, суглинистый, корни, переход четкий.

АЕ₂₅₋₆₄ Переходный, коричневый, плитчатый, плотноватый, суглинистый, корни, переход постепенный.

В₆₄₋₉₇ Иллювиальный, коричневый с рыжими подтеками, глыбистый, плотный, суглинистый, переход постепенный.

ВС_{>97} Ленточные глины.

Ель обыкновенная и пихта сибирская. Описание почвенного разреза № 3

О₀₋₃ Лесная подстилка, бурая, хорошо разложившаяся, хвоя, сныть, ландыш, папоротник.

А_{(ок.) 3-15} Гумусовый (окультуренный), темно-коричневый, мелко-зернистый, рыхлый, суглинистый, переход постепенный.

ЕВ₁₅₋₃₀ Переходный, светло-серый, плитчато-глыбистый, плотноватый, суглинистый, переход четкий.

В₃₀₋₆₇ Иллювиальный, коричневый, глыбистый, плотный, суглинистый, переход постепенный.

ВС₆₇₋₁₀₁ Переходный, рыже-коричневый, глыбистый, плотный, суглинистый, переход постепенный.

С_{>101} Ленточные глины.

Ель обыкновенная и лиственничные породы. Описание почвенного разреза № 4

О₀₋₄ Лесная подстилка, темно-бурая, хорошо разложившаяся, хвоя, листья, сныть, лесные травы.

А_{(ок.) 4-19} Гумусовый (окультуренный), темно-серый, мелко-комковатый, рыхлый, легкосуглинистый, пронизан корнями, переход четкий.

Е₁₉₋₃₁ Подзолистый, светло-серый до белесого, плитчато-комковатый, плотноватый, легкосуглинистый, переход постепенный.

В₃₁₋₉₀ Иллювиальный, коричневый, призматический, плотный, суглинистый, переход постепенный.

ВС₉₀₋₁₀₀ Переходный, темно-коричневый, призматический, плотный, суглинистый, переход постепенный.

С_{>100} Ленточные глины.

Ель обыкновенная. Описание почвенного разреза № 5

О₀₋₄ Лесная подстилка, темно-бурая, средне разложившаяся, хвоя, зеленые мхи.

А_{(ок.) 4-24} Гумусовый (окультуренный), темно-серый, зернистый, рыхлый, суглинистый, переход четкий.

Е₂₄₋₃₉ Подзолистый, светло-серый до белесого, плитчато-комковатый, плотноватый, легкосуглинистый, переход постепенный.

ЕВ₃₉₋₅₀ Переходный, серовато-коричневый, призматический, плотный, суглинистый, переход постепенный.

В₅₀₋₁₁₂ Иллювиальный, коричневый, ореховато-призматический, плотный, суглинистый, корни, переход постепенный.

С_{>112} Моренный суглинок.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв на староокультуренных площадях

№ разреза	Горизонт	Мощность, см	Содержание гумуса, %	Актуальная кислотность, рН _{водное}
1	A	3–28	5.5	7.18
	AE	28–35	4.0	7.14
	B	35–65	0.4	7.03
	BC	>90	0.9	6.74
2	A	1–25	7.3	6.83
	A E	25–64	3.9	7.05
	B	64–97	0.9	6.28
	BC	>97	0.5	6.82
3	A	3–15	4.7	6.21
	EB	15–30	0.9	6.26
	B	30–67	1.04	6.32
	BC	67–101	0.54	6.36
4	A	4–19	18.7	6.20
	E	19–31	1.4	5.10
	B	31–90	1.2	5.20
	BC	90–100	0.7	5.40
5	A	4–24	3.0	4.30
	E	24–39	0.7	4.40
	EB	39–50	1.5	3.40
	B	50–112	0.04	5.00

Таблица. Агрохимическая характеристика почв.

№ разреза	Горизонт	Мощность, см	Содержание гумуса, %	Актуальная кислотность, рН _{водное}
Лиственница сибирская				
1	A	3–28	5.5	7.18
	AE	28–35	4.0	7.14
	B	35–65	0.4	7.03
	BC	>90	0.9	6.74
Лиственница сибирская и сосна обыкновенная				
2	A	1–25	7.3	6.83
	A E	25–64	3.9	7.05
	B	64–97	0.9	6.28
	BC	>97	0.5	6.82
Ель обыкновенная и пихта сибирская				
3	A	3–15	4.7	6.21
	EB	15–30	0.9	6.26
	B	30–67	1.04	6.32
	BC	67–101	0.54	6.36
Ель обыкновенная и лиственные породы				
4	A	4–19	18.7	6.20
	E	19–31	1.4	5.10
	B	31–90	1.2	5.20
	BC	90–100	0.7	5.40
Ель обыкновенная				
5	A	4–24	3.0	4.30
	E	24–39	0.7	4.40
	EB	39–50	1.5	3.40
	B	50–112	0.04	5.00

Морфологические исследования почв под старыми культурами показали, что на окультуренных в прошлом площадях за 160 лет сформировались лесные почвы с хорошо сохранившимся гумусовым (окультуренным) горизонтом. Подзолистые процессы на почвах, имеющих склоновый характер рельефа (разрезы 1, 2, 3) и более тяжелый гранулометрический состав, выражены слабо, поэтому подзолистый горизонт в чистом виде не выделен, а выделены переходные горизонты AE

на разрезах 1, 2, и ЕВ на разрезе 3 под елово-пихтовыми культурами. На почвах с более легким гранулометрическим составом (разрезы 4, 5) при равнинном характере рельефа за 160 лет сформировался хорошо выраженный подзолистый горизонт мощностью 12 см под смешанным древостоем из ели и лиственничных пород и 15 см под чисто еловым древостоем.

Агрохимическая характеристика (табл.1) показала, что почвы хорошо обеспечены гумусом, имеют благоприятную для произрастания растений реакцию среды по всем генетическим горизонтам. Исключением является разрез 5, где почвенный процесс идет под чистыми ельниками. Здесь отмечаем низкое содержание гумуса и кислую реакцию среды, что подтверждает классический вывод – ельники разрушают почву. В целом можно отметить, что на старой пашне сформировались почвы, которые отличаются от естественных почв и по мощности гумусового горизонта и по плодородию. Причем в данных условиях более плодородные почвы сформировались под лиственничными и сосново-лиственничными культурами.

УДК 631.8.445.11

ПОВЫШЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТУНДРОВЫХ ПОЧВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ

А.Н. Тихановский

Ямальский отдел ГНУ ВНИИВЭА Россельхозакадемии, г. Салехард, Severagro@yandex.ru

Крайний Север Западной Сибири отличается большим разнообразием климатических и почвенно-географических условий, поскольку расположен в природных зонах тундры, лесотундры и северной тайги.

Вся его территория находится в неблагоприятных климатических условиях. Основными лимитирующими факторами для роста сельскохозяйственных культур являются низкая теплообеспеченность, избыточное увлажнение, слабая микробиологическая активность почвенной среды, высокая кислотность почвы, недостаток основных элементов питания и многие другие неблагоприятные параметры среды, снижающие интенсивность ростовых процессов и развитие растений.

Без проведения работ по улучшению почв в большинстве случаев возделывание сельскохозяйственных культур в этих условиях невозможно или настолько неэффективно, что исключает целесообразность проведения этих работ. Несмотря на то, что большая часть сельхозпродукции доставляется с южных районов, сохраняется необходимость поддержания развития собственного производства продукции сельского хозяйства. Опыт северных регионов зарубежья и нашей страны показывает, что в условиях Крайнего Севера можно получать высокие урожаи одно- и многолетних трав и обеспечивать животноводство кормами.

Первостепенное значение в повышении продуктивности растений в этих условиях имеют удобрения. Эффективное использование удобрений невозможно без комплексного подхода к этой проблеме. Жесткие почвенно-климатические условия требуют иных подходов к решению вопроса применения удобрений, нежели в южных районах.

В естественных условиях основным источником поступления органического вещества в почву является отмирающая растительная биомасса. На пахотных почвах при отчуждении большей части урожая полевых культур источником органического вещества служат оставшиеся после уборки надземные части растений и корневая масса, что значительно уменьшает поступление в почву растительной биомассы. Для восполнения почвенного плодородия требуется дополнительное внесение органического вещества в виде органических удобрений.

Внесение органических и минеральных удобрений при окультуривании глеево-подзолистых элювиально-глеевых почв Крайнего Севера улучшает их биологические свойства. Применение навоза повышало численность аммонифицирующих бактерий, учитываемых на МПА, в 1.9–2.5 раза. Значительно большее стимулирующее влияние на развитие бактерий-аммонификаторов оказало внесение полного минерального удобрения. Их численность увеличилась на второй год опыта по сравнению с контролем в 2.7 раза, по сравнению с навозом – в 1.4 раза.

На группировку автотрофных бактерий, потребляющих азот минеральных соединений и учитываемых на КАА, наибольшее стимулирующее влияние оказывал навоз. В отличие от аммонифицирующих бактерий, автотрофы позитивно реагировали на увеличение его дозы. Внесение одних минеральных удобрений повышало численность автотрофных бактерий в меньшей степени, чем

навоз. При совместном внесении навоза и минеральных удобрений численность бактерий на КАА тоже повышалась, но была ниже, чем при внесении одного навоза.

Отмечена тесная связь между дозами внесения навоза в почву и процессом нитрификации – содержанием $\text{NO}_3\text{-N}$ ($r=0.95$). Внесение минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ увеличивало нитрификационную способность исследуемой почвы в 8 раз по сравнению с контролем. Наиболее благоприятно для нитратообразования сочетание минеральных удобрений ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$) с навозом. Нитрификационная способность при внесении навоза 480 т/га + NPK превышала контроль в 32 раза, в то время как при внесении NPK в чистом виде – в 3.9 раза.

Внесение навоза повышает фосфатазную активность по сравнению с исходной почвой и особенно с вариантом, где вносили одни минеральные удобрения. Причем, с увеличением дозы органического удобрения активность фосформинерализующих бактерий увеличивается, достигая максимального значения при внесении 480 т/га. Между дозами навоза и содержанием фосфатазы отмечена сильная корреляционная зависимость ($r=0.98$).

Каталазная активность возрастала при внесении навоза. При этом увеличение дозы последнего сопровождалось активизацией процесса разложения образующейся в почве перекиси водорода ($R^2=0.87$). Активность фермента, участвующего в процессе гумусообразования, резко увеличилась при максимальной дозе навоза 480 т/га и особенно при сочетании ее с NPK. Количество кислорода, образующегося в результате разложения перекиси водорода, увеличилось по сравнению с контролем в 9.6 раза и в 8.9 раза по сравнению с одним минеральным удобрением. Наблюдается тесная связь между дозами навоза и образованием гумуса в почве ($r=0.95$).

При внесении торфа (120–720 т/га) увеличилась численность аммонификаторов. В большей степени активизация этой группы микроорганизмов происходит при внесении одних минеральных удобрений. На количество актиномицетов позитивное влияние оказало также сочетание минеральных удобрений и торфа в дозе 480 и 720 т/га, где получена наибольшая их численность.

Численность бактерий в почве без внесения навоза была невысока и составляла 1.2 млрд.кл/г почвы. Внесение навоза привело к увеличению численности бактерий примерно в 1.2–2 раза. Наибольшее количество было зафиксировано при внесении навоза в дозе 240 т/га (2.2 млрд. кл./г).

Внесение полного минерального удобрения привело к увеличению численности бактерий в почве в 1.5 раза по сравнению с контролем. Дозы навоза (120–720 т/га) увеличивали длину мицелия актиномицетов в 1.4–1.8 раз по сравнению с контролем. Наибольшая длина актиномицетного мицелия была зафиксирована в почве варианта, где навоз вносился в дозе 480 т/га. Внесение NPK способствовало резкому увеличению длины актиномицетного мицелия.

Численность грибных спор была максимальной в варианте с внесением 480 т/га навоза. Во всех остальных вариантах она практически не менялась. Длина грибного мицелия была максимальной в варианте с внесением навоза в дозе 240 т/га, составляя около 900 м/г. Внесение NPK увеличило содержание грибного мицелия в 1.5 раза по сравнению с контролем.

При внесении торфа (120–720 т/га) в чистом виде и совместно с NPK максимальная численность бактерий регистрировалась в контрольном варианте и составляла 2.2 млрд.кл/г почвы. Внесение торфа не благоприятствовало развитию бактерий, а при максимальной дозе (720 т/га) их численность снижалась до значения 1.5 млрд.кл/г. Внесение NPK снижало численность бактерий в этой почве. Сочетание торфа и NPK также не благоприятствовало бактериальному комплексу: численность бактерий с NPK была в 1.5–3 раза ниже по сравнению с вариантами опыта, где вносился только торф. Максимальная численность бактерий в этом опыте наблюдалась при сочетании NPK с торфом в дозе 240 т/га – 1.7 млрд.кл/г, но и здесь она была ниже, чем в контроле.

Длина актиномицетного мицелия была максимальной в контроле. Внесение торфа угнетало актиномицетный комплекс, особенно при высоких дозах. Внесение NPK привело к снижению длины актиномицетного мицелия в 1.5 раза по сравнению с контролем. Численность грибных спор слабо зависела от дозы внесения торфа. Максимальная численность спор регистрировалась в варианте с дозой внесения торфа 480 т/га. Внесение NPK увеличило численность спор по сравнению с контролем. Длина грибного мицелия в варианте без внесения удобрений составляла 480 м/г. Использование торфа в дозах 120 и 240 т/га привело к увеличению длины грибного мицелия – свыше 1000 м/г. Дальнейшее возрастание дозы торфа снизило длину мицелия грибов до контрольных значений.

Таким образом, внесение органических и минеральных удобрений позволяет повысить агроэкологический потенциал тундровых почв.

Характерным морфологическим признаком выщелоченных черноземов является хорошо морфологически выраженная элювированность гумусового профиля от карбонатов. Как следует из полученных нами данных величина рН водной вытяжки в пахотном слое слабокислая, но вниз по профилю она постепенно повышается до слабощелочной в почвообразующей породе. Для выщелоченного чернозема характерна довольно значительная величина обменной кислотности. Максимальна она в пахотном слое.

По содержанию гумуса в пахотном слое изучаемая почва является малогумусной, а по мощности гумусового горизонта среднемошной (Ковда, Розанов, 1989). Довольно высокая в пахотном слое сумма поглощенных оснований плавно уменьшается вниз по профилю, что хорошо согласуется с уменьшением гумусированности. Значительная величина гидролитической кислотности, достигающая в пахотном слое 7.19 мг-экв/100 г почвы обуславливает низкую степень насыщенности основаниями пахотного слоя – 81 %. Согласно рекомендаций, разработанных областным центром химизации, черноземы имеющие $pH_{\text{сол}}$ менее 5.5, величину гидролитической кислотности больше 3.5 мг-экв/100 г почвы нуждаются в известковании. Это обстоятельство послужило аргументом для включения в схему опыта вариантов с мелиорантами.

Степень насыщенности почвенного раствора CaCO_3 является одной из важнейших характеристик карбонатной системы. Осаждение и растворение CaCO_3 регулируется поступлением или удалением ионов Ca^{+2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} из раствора. Исследование характера карбонатно-кальциевого равновесия позволяет установить растворимость CaCO_3 в почвенном растворе мелиорируемой почвы, что является крайне важным при использовании его в качестве мелиоранта для почв.

$$2pH - pCa - pCO_2 = pKH_2CO_3 + pKCO_2 + pKHCO_3 - pKCaCO_3 = A_T \quad (1)$$

В левой части уравнения находятся отрицательные логарифмы активности ионов H^+ и Ca^{+2} , парциального давления диоксида углерода, в правой – отрицательные логарифмы констант равновесий.

При работе с чистыми растворами (почвенные растворы, водные вытяжки) удобнее использовать другое уравнение:

$$pH - pCa - pHCO_3 = pKHCO_3 - pKCaCO_3 = B_T \quad (2)$$

Правые части уравнений, состоящие из стандартных величин, обозначены соответственно символами A_T и B_T . Если подстановка экспериментальных данных в левой части уравнений (1) и (2) дает значение A или B меньше, чем A_T и B_T , соответственно, то почвенный раствор не насыщен по отношению к карбонату кальция; при практическом равенстве имеет место состояние насыщения, а при больших значениях – пересыщения. Для оценки состояния насыщения используем табличные данные значений A_T (9.78) и B_T (2.00), полученные Заводновым С. С. (1965). Т.о., для анализа состояния карбонатно-кальциевой системы необходимо определение трех параметров рН, рСа, рСО₂. Они определены нами с использованием ион-селективных электродов. Степень насыщенности почвенного раствора Са обозначим как K_{Ca} . Для оценки состояния карбонатно-кальциевой системы чернозема выщелоченного используем экспериментальные данные. Определение проведено в насыщенных водой пастах.

Как следует из полученных нами данных, в 2004 г. целинный аналог по всем показателям существенно отличается от вариантов опыта. Прежде всего, для профиля целины характерна самая низкая величина рН 4.12–5.34 обусловленная продуктами метаболизма корневой системы травянистой растительности. Активная деятельность корней обуславливает и самую высокую величину рСО₂, прогрессивно возрастающую с глубиной. Степень ненасыщенности почвенного раствора кальцием снижается с глубиной.

На вариантах опыта величина рН практически на порядок выше, чем на целине, за исключением вариантов с минеральными удобрениями и дефекатом с минеральными удобрениями. Самая высокая величина рН по всему профилю отмечается на варианте с дефекатом по органическому фону.

Почвенный раствор на всех вариантах опыта ненасыщен кальцием, однако степень ненасыщенности неодинакова. Распашка резко ее повышает, а внесение навоза повышает. Максимальный дефицит кальция наблюдается в слое 0–20 см на варианте с двойной дозой минеральных удобрений. Внесение дефеката по органическому фону резко увеличивает концентрацию ионов кальция, почвенный раствор на этом варианте наиболее близок к состоянию насыщения по величине K_{Ca} .

Известковый потенциал характеризует энергетический уровень перехода ионов кальция из твердой фазы почвы в раствор. Чем выше величина потенциала, тем легче переходит кальций в раствор и наоборот, понижение его указывает на адсорбцию кальция твердой фазой почвы. Термин «известковый потенциал» впервые был предложен Скофилдом. Известковый потенциал $K_{изв}$ рассчитывается по следующему выражению: $K_{изв} = pH - 0.5pCa$.

Самая низкая величина $K_{изв}$ наблюдается на целине 2.43–3.67. Распашка существенно повышает его до 3.14–3.84. Внесение навоза повышает $K_{изв}$ до 3.21–4.44, а минеральные удобрения понижают до 2.81–3.88 и 3.16–4.18 соответственно на вариантах с одной и двумя дозами минеральных удобрений. Максимальная величина $K_{изв}$ наблюдается на варианте с дефекатом по органическому фону – 3.86–4.50. На варианте с дефекатом с минеральными удобрениями она варьирует в пределах 2.98–3.91.

В 2007 г отмечается существенное изменение показателей состояния карбонатно-кальциевой системы. Прежде всего, следует отметить значительное повышение величины pH по всем вариантам опыта и на целинном аналоге соответственно на 2.55, 0.63, 0.57, 0.60, 1.17, 1.20, и 1.65 единицы pH в слое 0–20 см. Это подщелачивание обусловлено засушливым периодом лета 2007 г, обусловившим подтягивание миграционной формы карбонатов с восходящим током влаги. По нашим данным подщелачивание наблюдается по всему профилю, однако оно неодинаково на вариантах опыта. Максимальное подщелачивание наблюдается на целине и вариантах с дефекатом, а минимальное на вариантах с двойной дозой минеральными удобрениями 0.22–1.0 единицы pH.

По величине pH пахотного слоя все варианты опыта, за исключением дефекатированных и целинного аналога по шкале Цурикова А.Т. имеют среднюю потребность в известковании. Величина рСа изменилась неодинаково, с общей тенденцией к повышению. По величине рСа все варианты опыта имеют среднюю потребность в известковании. Почвенный раствор всех вариантов опыта и целинный аналог не насыщен кальцием, однако на вариантах с дефекатом и целине дефицит кальция наименее выражен. Величина рСа в пахотном слое варьирует в пределах 2.69–2.96, а в подпахотном слое 2.68–2.92.

По комплексному показателю состояния карбонатно-кальциевой системы $K_{изв}$, варианты опыта с минеральными удобрениями имеют среднюю потребность в известковании. На вариантах с дефекатом и на целине потребность в известковании слабая. Т.о. внесение дефеката компенсирует подкисляющее воздействие природных и антропогенных агентов. Наиболее благоприятный режим карбонатно-кальциевой системы сложился на варианте с дефекатом по органическому фону.

Величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) колеблется в пределах 403–509 и 372–524 мв. в пахотном и подпахотном слоях соответственно. Для сравнения напряженности окислительно-восстановительных процессов в почвах при разных уровнях pH применяют показатель gH_2 . По величине gH_2 пахотного слоя на всех вариантах опыта, за исключением абсолютного контроля и с дефекатом по органическому фону складываются восстановительные условия. На целине и варианте с двойной дозой минеральных удобрений восстановительные условия наблюдаются по всему профилю.

УДК 581.9(262.5)

НАДО ЛИ ОРОШАТЬ ЧЕРНОЗЕМЫ?

Т.В. Турсина

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, Москва, sveta@agro.geonet.ru

В земледельческих фондах России черноземы занимают не последнее место (не менее 50 %), а по производительности – безусловно, одно из первых. Тем не менее высокие температуры и недостаток осадков в летние месяцы (коэффициент увлажнения в зоне черноземов составляет), повторяющиеся засухи в каждом из 4, 7, 11, 41-летнем и других циклах по увлажнению вызывают необходимость прибегать к дополнительному увлажнению черноземов, т.е. к их орошению. Начиная с 30-х годов прошлого столетия, проводились экспериментальные исследования по влиянию

орошения на черноземы в различных районах черноземной зоны (Димо, Богдан и др.). В 1960–1980 г.г. в СССР развернулось мощное водохозяйственное строительство, в том числе и оросительных систем на черноземах.

Исходная концепция, позволяющая применить орошение в черноземной зоне, была следующая: образование черноземов приурочено к континентальной засушливой зоне, почвы которой не имеют тенденций к переорганизации и передвижению глинистой массы, как это наблюдается в условиях более влажного климата в подзолистых и серых лесных почвах; поэтому черноземы должны быть устойчивы к дополнительному увлажнению.

К настоящему времени опыт орошения достаточно значительный (от обыкновенных черноземов Заволжья до южных черноземов Украины и карбонатных черноземов Ростовской области) и весьма противоречивый. Кажется очевидным, что в каждом конкретном случае исходными данными, допускающими орошение, должны быть в первую очередь состав оросительной воды и строение и свойства объекта орошения. Относительно состава поливной воды больших расхождений нет, это воды низкой минерализации – желательна (не выше 1.5 г/л) и гидрокарбонатного состава. А вот на исходное строение и микростроение черноземов не очень обращалось внимание. В литературе к этому времени уже были публикации о различных климатических условиях образования верхней и средней частей профиля (различное микростроение и микроформы гумуса отмечались Е.А. Яриловой и Т.В. Турсиной), а различное время формирования этих частей профиля было установлено И.П. Герасимовым и О.В. Чичаговой. Позднее И.В. Иванов и Ю.Г. Чендеев подробно описали голоценовую историю развития черноземов, охарактеризовав климатические тренды, прирост гумусового горизонта, поведение карбонатов и другие черты в каждом из периодов: ДР – древний (12–8 т. л. н.) с неустойчивым климатом, прирост гор. А1 35–50 см; АТ – атлантический (8–4.8 т.л.н.), термический максимум голоцена, прирост гор А1 50–60 см; SB – суббореальный (4.8–2.8 т.л.н.), бестрендовые колебания температуры и осадков, прирост А1 от 50 до 100 см (3 см в год); SA – субатлантический (последние 2800 лет) также с неустойчивым климатом, прироста гумусового горизонта не наблюдалось, однако в целом профиль увеличился за счет роста горизонта ВС. Различный климат в эти периоды голоцена оставил характерные следы в строении и микростроении почв, но не всегда достаточно ясные и одинаковые на территории ЦЧО.

Изученные примеры длительного орошения черноземов имели различную оструктуренность и биогенность, внутрипрофильную дренированность, карбонатность и дисперсность. Орошение обыкновенного чернозема Заволжья гидрокарбонатно-кальциевой водой р. Волги в течение 50-ти лет сохранило высокую степень агрегированности, а подстиление песчаным материалом обеспечило хорошую аэрацию всего профиля. Южные черноземы Украины, обладающие повышенной дисперсностью и более низкой дренированностью и признаками бывшего гидроморфизма, оказались менее устойчивыми к орошению, особенно варианты, орошавшиеся щелочной водой оз. Сасык. В последних фиксировалось образование плотной корки, а также диспергация гумусово-глинистой плазмы и ее иллювиирование. В карбонатных черноземах Ростовской области при орошении наблюдался резкий подъем карбонатов и переход глинистой плазмы пахотного горизонта в глинисто-карбонатную с резким снижением мезопористости и увеличением трещиноватости с поверхности почвы. Орошение слитых черноземов Ставрополя усиливает потерю агрегированности и пористости, активизирует процессы слитизации, оглеения, коркуемости.

Таким образом, можно заключить, что благоприятный исход орошения можно ожидать лишь в случае устойчивой агрегированности гумусово-глинистой массы, хорошей внутрипрофильной дренированности и благоприятного состава оросительных вод (низкая минерализация и гидрокарбонатно-кальциевый состав). Из всего ряда изученных орошаемых черноземов лишь хорошо дренированный чернозем Заволжья улучшил исходные свойства по сравнению с неорошаемыми черноземами: увеличилась биогенная переработанность и оструктуренность пахотного горизонта, а также содержание сгусткового гумуса, и соответственно улучшилась архитектура порового пространства, т.е. увеличилась внутриагрегатная пористость. Во всех остальных случаях наблюдались негативные процессы:

1. переупаковка структурных элементов почвенной массы с резким снижением внутриагрегатной микро- и мезопористости и общей микроагрегированности;

2. перемещение гумусовой плазмы, а в случае содовых оросительных вод и гумусово-глинистой плазмы с образованием темных сгустков, мостиков, субкутан и размытых зон на поверхности педов в подпахотном горизонте;

3. перемещение карбонатов по профилю (подъем или иллювиирование), приводящее к появлению карбонатов в пахотном горизонте и цементации его, к потускнению карбонатной белоглазки, образованию новых сегрегационных форм карбонатов;

4. сегрегация железа и оптическая ориентация плазмы в зонах. обезжелезнения при избыточном увлажнении;

5. коркообразование и оптическая ориентировка плазмы при содообразовании и использовании щелочных поливных вод;

6. обезглинивание подкорковой массы и образование микроосолоделого горизонта, а под ним микроиллювиального солонцового горизонта, обогащенного илом и поглощенным натрием;

7. в редких случаях наблюдаются (или усиливаются исходные) процессы слитизации, когда почвообразующий материал или поливные воды значительно обогащены магнием.

В заключении, отвечая на вопрос «Надо ли орошать черноземы?», говорим «ДА», но только в тех исключительных случаях, когда мы имеем комплекс необходимых положительных условий, а именно: высокую устойчивую агрегацию гумусового горизонта, обогащенного сгустковыми микроформами гумуса и биогенной переработкой, а также в средней части профиля педотубульный агрегированный горизонт, доставшийся некоторым черноземам от атлантического климатического максимума голоцена, и наконец облегчение (или хотя бы не утяжеление) гранулометрического состава в нижней части профиля.

УДК 631.4

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ПОД ДРЕВЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПИТОМНИКА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Б. Умарова, Т.В. Бекецкая, М.А. Бутылкина

Московский государственный университет, a.umarova@gmail.com

Почвенный покров является наиболее информативной составляющей ландшафта, отражающей свойства и взаимосвязи всех остальных компонентов. При формировании природных объектов целевого назначения, в том числе при проведении посадок древесных пород (питомники декоративных растений, озеленяемые территории, лесополосы) важное значение имеет оптимальная организация территории, основанная на научном анализе ее природного потенциала. Почвенно-ландшафтное зонирование ландшафта, направленное, в первую очередь, на исследования почвенных характеристик и режимов, позволяет выделять контуры с близким сочетанием свойств компонентов ландшафта для подбора растительного ассортимента с учетом специфики территории, вести мониторинговые исследования, прогнозировать развитие ландшафта.

Целью настоящей работы явилась научная организация территории питомника декоративных древесных растений, расположенного в Заокском районе Тульской области, площадью 45 га.

Задачи: (1) Изучить свойства компонентов ландшафта; (2) Провести исследование пространственного распределения физических и химических свойств почв питомника, изучить температурный режим почв в зависимости от расположения по рельефу и наличию растительности; (3) Разработать рекомендации по подбору и размещению древесных пород на территории питомника.

Почвообразующие породы представлены перекрывающими морену покровными суглинками (Зайдельман и др., 1984). Территория относится к подзоне широколиственных лесов. Рельеф эрозионно-овражно-балочный (Троицкий, 1958) и представлен водораздельным пространством и участком склона преимущественно западной экспозиции. В нижней части территории располагается овраг, площадью 5.75 га, глубиной около 10 м, который пересекает склон на две части. Учитывая принадлежность исследуемой территории к зоне широколиственных лесов, высокую крутизну склона и эродированность, участок относится к IV категории местности (Евдокимова, 1984).

Освоение ландшафта началось в 2006 г., была проведена культивация почвы на глубину 7–9 см. Наши исследования проходили с 2007 г., когда верхняя 1/6 часть участка была занята под посадки 2–3-летних саженцев, остальная территория находилась под паром. В средней части склона находится небольшой перелесок (0.1 га), где был заложен разрез для сравнения влияния древесной и травянистой растительности на агрохимические и агрофизические свойства. По части периметра питомника располагается лесной массив с мелколиственными и широколиственными породами.

Почвенно-профильным методом с учетом масштаба и категории местности были выбраны места для заложения почвенных разрезов (всего 51) глубиной 1–1.5 м и проведены морфологические описания почв, определены основные агрофизические свойства на глубинах 0, 10, 20, 40 и 75 см (плотность, влажность, вертикальное и горизонтальное сопротивление пенетрации, водопроницаемость). На основе полученных данных построены карты распределения агрофизических свойств почв. В лабораторных условиях были определены содержание NPK, углерода, pH, гранулометрический состав.

В течение 2-х лет проводилось исследование температурного режима почв в 5 ключевых точках, для чего были установлены программируемые термодатчики. Основное внимание было уделено осенне-весеннему периоду, т.к. именно холодное время года в первую очередь лимитирует введение новых декоративных пород в гумидной зоне. Данные по температуре воздуха были получены на метеостанции г. Алексина, ближайшей к объекту исследования.

Было выявлено, что на исследованной территории преобладают серые лесные окультуренные среднесуглинистые почвы, в средней и верхней части находятся участки глееватых почв, а в нижней части склона обнаружены глеевые почвы. По классификации Качинского исследуемые почвы представлены средним суглинком с преобладанием фракции крупной пыли. Для всех почв объекта наблюдалось увеличение содержания физической глины вниз по профилю. В почвах питомника плотность закономерно увеличивается вниз по профилю: от 1–1.2 г/см³ на глубине 5 см до 1.5–1.6 г/см³ на глубине 75 см. Плотность верхнего горизонта соответствует оптимальному диапазону для пахотных среднесуглинистых почв (Бондарев, 1985). Морфологически на большей части территории на глубине 20 см диагностируется уплотнение по сравнению с выше и ниже лежащими горизонтами. Аналитические данные выявили такие различия только для участка в нижней части склона с преобладанием серых лесных глеевых почв, где была выделена плужная подошва, расположенная в пахотном горизонте.

Почвенный покров территории питомника неоднороден по величинам коэффициента фильтрации. Верхняя часть территории с преобладанием серых лесных неоглеенных почв характеризуется высокими значениями коэффициента фильтрации в горизонте Апах и резким снижением на глубине 20 см, что, вероятно, связано с наличием плужной подошвы, и возрастанием значений на глубине 40 см. Минимальные значения коэффициента фильтрации приходятся на переуплотненную плужную подошву и на слой, глубже 75 см.

Для выяснения влияния горизонта с низкой фильтрацией на передвижение почвенной влаги в ландшафте летом 2008 г. был заложен полевой фильтрационный эксперимент с использованием хлорид-иона в качестве метки на двух самых контрастных почвах: серой лесной в верхней части склона и серой лесной глеевой у его подножия. В обеих почвах в пахотном горизонте формы пятен обнаружения метки очень схожи и представляют собой вложенные концентрические круги с повышением концентрации к центру. В неоглееной почве с глубины 20 см происходит вытягивание пятен в направлении склона рельефа, глубина обнаружения хлорид иона составляет 40 см. В глеевой почве наблюдается увеличение площади обнаружения метки на фоне снижения концентрации на глубине 20 см, а на 30 см обнаруживаются следовые количества. Проведенные модельные эксперименты позволяют предположить, что в серой лесной неоглееной почве в большей степени выражено промачивание почвенной толщи, однако на глубине 20 см возможно формирование подвижной верховодки, происходит смена вертикального движения влаги на латеральное и внутрипочвенное перемещение влаги по склону рельефа. На дальнейшее быстрое перемещение влаги именно в горизонтальном направлении по внутрпочвенному склону указывает отсутствие морфологических признаков оглеения как в летние, так и во влажные осенние периоды в почвах верхней и средней части склона (2007, 2008 гг.). В нижней части склона, на территории распространения серых лесных глеевых почв, по-видимому, аккумулируется поступающая со склона влага. Верхняя неоглеенная часть профиля этих почв характеризуется высокой водопроницаемостью, а признаки оглеения появляются с глубины 20 см. Вероятно, в периоды значительного поступления влаги здесь формируется верховодка, что следует учитывать при посадках древесных культур.

Агрохимические свойства почв определялись в 13 точках, охватывающих все разнообразие почв и особенностей ландшафта территории питомника. Содержание органического углерода (Сорг) в почвах исследуемой территории закономерно уменьшается от 3 % в пахотном до 0.5 % в нижних горизонтах. Причем, в толще пахотного горизонта почв большинства разрезов содержание элемента весьма равномерное с небольшим накоплением на глубине 20 см. Абсолютные значения

концентрации Сорг увеличиваются вдоль склона по направлению к водоразделу. В почве разреза, находящегося в перелеске в условиях регулярного опада, высокие значения концентраций Сорг приходится на верхние 5 см, с глубиной происходит быстрое и равномерное снижение содержания углерода. При пересчете на гумус значения в верхних горизонтах почв поля располагаются в диапазоне 1.86–3.5 %, что позволяет отнести их к светло-серым лесным («Классификация и диагностика...», 1977).

Величина рН водной вытяжки почв всей территории варьирует в диапазоне 6.66 ± 0.34 .

На всей исследуемой территории обнаружено крайне низкое содержание азота: от 0.11 до 1.88 мг/100 г почвы, что дало основание рекомендовать внесение азотных удобрений в полном объеме. Содержание доступного фосфора в пахотных горизонтах всех почв объекта значительно варьирует: от 0.06 до 39.7 мг/100 г почвы, медианное значение составляет 5.31 мг/100 г почвы. Концентрации калия низкие на всей территории питомника и находятся в диапазоне от 1.26 до 5.72 мг/100 г почвы, не достигая показателей, необходимых для нормального роста древесных растений. В целом отчетливой зависимости содержания исследованных элементов от положения по рельефу не обнаружено, что, по-видимому, обусловлено спецификой использования территории. Однако очевидны отличия почвы под древесной растительностью от почвенного покрова остальной территории.

Изучение температурного режима почв показало, что наиболее резкие отличия между почвами приходится на верхние горизонты. Так, например, в зимнее время в почве под лесной растительностью температура почвы на глубине 1 см составила -3°C , а в глеевой почве понизилась до -8°C . В течение зимнего периода происходило снижение и выравнивание температуры почв до 70-см глубины, профильные распределения температуры различных почв близки. Во время весеннего повышения температуры быстрое прогревание верхних 20 см происходило в глеевой почве, и в дальнейшем в летний период температура этой почвы имела наиболее высокие значения. В целом за исследуемый период минимальные колебания значений отмечались в почве, находящейся под древесной растительностью (в перелеске), а максимальные – в глеевой почве. Таким образом, в почве под пологом леса в зимние месяцы температура закономерно выше, а в летние – ниже, чем на поле; на температурный режим почв сильное влияние оказывает древесная растительность и высокая степень оглеения почв.

Проведенное зонирование ландшафта на основе свойств и режимов почв позволило разделить территорию питомника на 6 зон и предложить для каждой свой растительный ассортимент. Показатели, дающие основание для такого разделения: степень оглеения, профильные распределения плотности, сопротивления пенетрации почв и коэффициента фильтрации, температурный режим почв, содержание основных элементов минерального питания растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев А.Г., Бахтин П.У., Сапожников П.М., Уткаева В.Ф., Максимов Д.С., Щепотьев В.Н., Гончаров В.М. Изменение физических свойств и плодородия серых лесных почв при их уплотнении и разуплотнении // Плодородие почв и его изменение при уплотнении и разуплотнении: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1984, с. 9–18
2. Евдокимова Т.И. Почвенная съемка. М.:Изд-во МГУ, 1987. 260 с.
3. Зайдельман Ф.Р. Естественное и антропогенное переувлажнение почв. СПб.: Гидрометеориздат, 1992. 288 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977. 224 с.
5. Троицкий А.И. Серые лесные почвы северной части среднерусской возвышенности, путеводитель, М., 1958.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 09-04-01297-а, 10-04-00993-а.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЮЖНОГО УРАЛА
И ПРИЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЕМИ.К. Хабиров, В.И. Кузнецов, Ш.Я. Гилязетдинов, Р.Г. Ягафаров, Б.В. Рафиков, Ю.С. Шакиров,
И.Г. Асылбаев

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, ilkhabirov@yandex.ru

Основная экологическая проблема природопользования и эффективности биологических ресурсов – это деградация почв. Наряду с другими почвами континента деградации подвержены и знаменитые черноземы России, в том числе и черноземы Предуралья [Добровольский Г.В., 2010]. Им также присущи такие явления, как дегумификация, потеря зернистой водопрочной структуры, уплотнение, снижение мощности гумусового горизонта, эрозия, подкисление. Если раньше проблема регулирования кислотности была характерна только для подзолистых, дерново-подзолистых и серых лесных почв, то в настоящее время она актуальна и для черноземных почв. В лесостепной зоне есть примеры деградации типичных черноземов, по сравнению с целинными почвами, в результате длительного сельскохозяйственного использования в выщелоченные черноземы со снижением гумусового горизонта на 10 см, содержания гумуса на 1.5 %, рН на 1.0 ед., глубины вскипания до 80 см, с превращением зернистой структуры в комковато-пылеватую. При этом происходит огромный вынос кальция и других элементов питания. Все это приводит к ухудшению физико-химических условий функционирования черноземов и требует детального изучения. Соответственно возрастает значимость разработки конкурентоспособных биотехнологий для сельскохозяйственного производства на основе достижений биологии и современной биотехнологии. Однако при этом главенствующую роль должны иметь разработки, используемые для ускоренного воспроизводства плодородия почв и восстановления плодородия на деградированных землях. Использование только технологий предыдущих десятилетий не позволяет успешно решать эти задачи в связи с двумя обстоятельствами: во-первых, из-за ускоренной деградации почв и интенсивных техногенных воздействий; во вторых, последние 30–40 лет на планете начались существенные климатические изменения, которые также негативно влияют на уровень продуктивности агроэкосистем. Соответственно для смягчения негативных действий этих двух факторов необходимо снова вернуться к разработке фундаментальных проблем почвенного плодородия. Среди них особо важную роль играют механизмы и природа ускоренного воспроизводства содержания гумуса во всех регионах страны, но особенно в зонах аридного земледелия. Из последних данных ученых о климатических изменениях в России вытекает, что к таким регионам относятся две сопредельных зоны Южного Урала и Поволжья [Иванов А.Л., 2004; Новая редакция этой книги, изданная под руководством Иванова А.Л. и Кирюшина В.И., 2009; Метеорология, Сиротенко О.Д., 2008 и др.].

С сожалением приходится констатировать, что мечта В.А.Ковды (60-е гг. XX в.) об удвоении-утроении российских урожаев к началу XXI в. не осуществлена даже в первом приближении [Соколов М.С., 2010]. Одна из главных причин этого – деградация и патология российских почв. Применительно к условиям Южного Урала и Республики Башкортостан проблема рационального использования и сохранения почвенного покрова столь же актуальна, как и для Земли в целом. Общая площадь земельного фонда республики составляет 14294.7 тыс. га, 26.48 % занимают пашни. Все наиболее плодородные почвы освоены практически полностью. Распаханность составляет 51.5 %. Деградированная пашня – 1229.4 тыс.га. Деградация почвы – это кардинальное и, зачастую, необратимое ухудшение ее физических, химических и биологических характеристик и как следствие – резкое падение ее продуктивности, экологической и экономической привлекательности. Деградация и патология почв – это обострившаяся социально-техногенная проблема второй половины XX столетия, реальная угроза национальной и экологической безопасности России. В связи с этим, задачей наших исследований является разработка механизмов внедрения однопольных элементов органических веществ не почвенного происхождения в кластеры с неактивным органическим веществом и образования соединений с новыми свойствами [Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О., 2001, 2010]. Как известно кластеры являются промежуточной (переходной) формой организации материи, обладающей повышенной (максимальной) специфической активностью по сравнению с составляющими ее элементами и обеспечивающей переход системы из одного состояния в другое. Разработан способ ускоренного восстановления плодородия черноземов, установлены взаимосвязи между свойствами и теми параметрами плодородия, от которых зависит в первую

очередь изменение содержания гумуса, структуры почвы, кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости поглощения, и другие приемы обеспечивающие повышение общей микробиологической активности почвы [Тулина А.С., Семенов В.М., 2010 и др.] на основе использования широко известных биологических методов (сидерация, внесение соломы и др.). Поскольку зависимость физико-химических свойств почв от содержания гумуса, биологической активности, структурно-агрегатного состояния и урожайности сельскохозяйственных культур не односторонняя и неоднозначная, становится необходимым изучение механизмов влияния гуминовых удобрений на физиологические процессы в растениях и проведение других сопутствующих исследований [Ходжаева А.К., 2010; Hoggigan et al., 2002] и др. Конечным результатом работы должна стать разработка рекомендаций по улучшению условий полноценного функционирования черноземов путем подбора соответствующих мелиорантов на фоне органических и минеральных удобрений [Когут Б.М., 2003; Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Хохлов В.Г., 1993; Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., 1996; Дергачева М.И., 1989; Лукин С.М., 2010] и др. Среди таких мелиорантов авторы доклада считают основными гуминовые кислоты из бурых углей, сапропеля и торфа. Эффективность органических удобрений и сидератов должны только дополнить эти приемы, но не заменить источник обогащенных гуминовых препаратов. Республика Башкортостан имеет большие природные запасы этих удобрений и в состоянии эффективно их использовать. Это возможно только при достаточном научном обеспечении проблемы. По четырем группам почв по гумусированности установлены оптимальные дозы гуминовых удобрений в пределах от 25 до 100 кг/га. Необходимо также установить, куда и как будут локализованы гумины внесенных инситных удобрений, и каково будет их последствие, поскольку трансформация гуминовых кислот по Л.Н.Александровой сопровождается дальнейшим окислением молекулы, расщеплением с выделением фульвокислот, динамикой азотсодержащей части молекулы гуминовых кислот, ее ароматизацией и дальнейшей дифференциацией на группы и фракции. В экспериментах изучено изменение всего комплекса агрофизических, агрохимических, микробиологических свойств почв, а также физиологических механизмов превращения происходящих под воздействием внесенных гуминовых удобрений у растений. В условиях наблюдающихся климатических изменений в ближайшие годы усилится аридность климатических условий в регионах Южного Урала и Поволжья. В Башкортостане эта проблема наиболее остро стоит в зоне Степного Зауралья и Южных районов, климатические условия которых могут приблизиться к условиям Оренбургской области [Иванов А.Л., Кирюшин В.И., 2009; Сиротенко О.Д. и др., 2008, 2010], в которой в XX в обозначился тренд нарастания температуры, но не выявлено увеличения осадков, свойственных гумидным зонам. Так, в 2007, 2008, 2009 с разными по погодным условиям годам урожайность яровой пшеницы там варьировала в пределах 8.2; 19.2 и 20.5 ц/га в среднем по 8 сортам [Гилязетдинов Ш.Я., Лукменев В.П., 2010]. Современная наука и практика располагают достаточным количеством аргументов для успешного использования в растениеводстве, в том числе и зерновом хозяйстве, регуляторов роста растений нового поколения и биофунгицидов с антистрессовым характером действия. Такие препараты в России стали производиться в основном в последние 10 лет, поэтому их применение в сельскохозяйственном производстве до сих пор не получило широкого распространения [Гусманов У.Г., Вахитов В.А. и др., 2003]. Наблюдающееся глобальное климатическое потепление не является в истории нашей планеты каким-то уникальным событием. Поражает другое: как в таких условиях ранее выживали зеленые растения – главные поставщики биомассы органического вещества в трофической цепи всех биоценозов. А все дело в том, что уже более 400 млн. лет назад после выхода растений из воды на сушу, они обеспечили свое функционирование в основном благодаря симбиотическим взаимоотношениям с микроорганизмами почв [Ковда В.А., 1989]. Именно такое, полезное взаимодействие живых организмов, а не их конкурентная борьба, и создали возможности, во-первых, для обеспечения корневых систем растений всеми элементами минерального питания, во-вторых, их адаптации к постоянно меняющимся абиотическим факторам окружающей среды (физические и химические) и, в третьих, формирования современной почвенной среды из корневых остатков, биоты и микроорганизмов почв. В продуктах их жизнедеятельности главным компонентом оказались гуминовые кислоты полимерной природы, склеивающие минеральные частицы в физические агрегаты почв с большим запасом питательных веществ [Шеин Е.В., Карпачевский Л.О., 2007]. Именно по этой причине основным богатством почв и являются гумусовые вещества или сокращенно «гумус», обладающий в лабильной форме также рострегулирующими и адаптогенными свойствами для корневой системы, микроорганизмов и биоты почв. Полезные для интенсификации растениеводства микроорганизмы

почв по характеру их взаимодействия с растениями можно разделить на 3 группы: эндофитные формы, микроорганизмы на поверхности корневой системы (ризоплан) и ризосферные микроорганизмы, локализованные в пространстве почв на удалении от поверхности корней в 0.5–4 мм. Наряду с этим значительная часть микроорганизмов почв локализована и вне зоны ризосферы [Семенов А.М., 2010]. Активизация процессов повышения плодородия почв, включая и микробиологическую активность, являются биологически эффективным в случае их позитивного влияния на продуктивность агроэкосистем и в первую очередь продуктивность культурных растений. Она, может быть повышена на основе онтогенетической адаптации сельскохозяйственных культур ко всем неблагоприятным экологическим факторам, в том числе и к глобальным климатическим изменениям [Жученко А.А., 2001–2009]. Целью настоящей работы также является разработка важнейших биотических и абиотических составляющих плодородия почвы на основе представлений о кластер-матричном механизме этих процессов. При этом процесс ускоренного восстановления плодородия деградированных наиболее выпаханых почв впервые рассматривается с позиции экзогенного (инситуного) внесения биологически активных гуминовых препаратов, т.е. в решение проблем восстановления деградированных почв привносятся элементы целенаправленного управления биосферными экологическими процессами [Вернадский, 1978], тем более, что в природе накоплено более 2 трлн. т гуминовых веществ в виде бурых углей и других источников [Перминова И.В., 2008]. При этом изучены не только динамика основных агрофизических, агрохимических и эдафических свойств почв, но и динамика содержания основных классов почвенных микроорганизмов. Одновременно расшифрованы некоторые физиологические механизмы онтогенетической адаптации растений на фоне ускоренного восстановления плодородия почв. Природа одарила земледельца устойчивостью гумуса. Однако устойчивость эта не беспредельна. О ней необходимо заботиться, поддерживая определенный уровень содержания (не ниже критического) и качественного состава гумуса.

Моделирование деградации и противозерозионной устойчивости почв и их ремедиация, происходящая под влиянием гуминовых удобрений, изучается методами теории катастроф. Как видно из всего вышеизложенного, в работе изучаются фундаментальные проблемы современной биологии, поскольку целостную почвенную систему все крупные ученые современности, начиная с В.В. Докучаева и В.И. Вернадского, рассматривали как единой организм биосферного уровня. Наряду с этим представляет фундаментальный интерес изучения микробиологического режима почв, а также механизмов онтогенетической адаптации растений на почвах с ускоренным воспроизводством их плодородия.

УДК 631.445

РОЛЬ БИОЛОГИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ИЗМЕНЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Н.В. Шрамко

Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Россельхозакадемии, ivniicx@rambler.ru

Переход земледелия на ландшафтную основу и, в перспективе, развитие технологий точного земледелия предполагает дифференцированный подход к действующим системам земледелия, что позволит оптимизировать инфраструктуру агроландшафтов, улучшить в них взаимодействие почвы и культурных растений, экологическую ситуацию за счет активации биологических факторов и рационального применения почвозащитных мероприятий.

Ивановская область расположена в зоне достаточного увлажнения – за год в среднем выпадает от 600 до 650 мм осадков. Однако их распределение в течение года неравномерное: больше выпадает в теплый период (400–450 мм), меньше – в холодный.

Рельеф области в основном равнинный. Максимальная крутизна склонов 1–2°. Поля мелкоконтурные со средним размером 20–25 га. Поэтому внедрение АЛСЗ сопряжено с определенными трудностями.

Почвенный покров довольно разнообразен, но преобладают дерново-подзолистые почвы среднего и легкого механического состава с малой мощностью (18–22 см) гумусового горизонта и небольшим содержанием гумуса – 1.56–1.65 %. Почвы бедны поглощенными основаниями – 3.5–

6.7 мг-экв 100 г., особенно кальцием и магнием, в них низкая емкость обмена, обладают кислой реакцией почвенной среды рН – 5.6–6.8. Почвы недостаточно обеспечены усвояемыми формами азота, фосфора и калия, имеют неблагоприятные физические свойства, пониженную влагоемкость.

Их можно разделить на следующие категории.

Первая категория – земли среднекультуренные, нормально увлажненные. Содержание гумуса 2.0–2.5 %, мощность (глубина) пахотного горизонта не менее 22 см, степень насыщенности основаниями не менее 75 %, сумма поглощенных оснований 10–12 м-экв., рН – 5 и выше, то есть, почвы средне- и слабокислые, оподзоленные.

Вторая категория – земли менее окультуренные, с нормальным увлажнением, содержание гумуса 1.5–2.0 %, глубина пахотного горизонта не менее 20 см. степень насыщенности основаниями – 55–75 %, сумма поглощенных оснований – 8–10 м-экв., рН – 4.5–5.0, контурно подзолистые.

Третья категория – участки в понижениях с временно избыточным поверхностным увлажнением, а на повышенных элементах рельефа плохо обеспеченные влагой. Содержание гумуса менее 1.5 %, глубина пахотного горизонта до 18 см, сумма поглощенных оснований 6–8 м-экв., рН 4.0–4.5, подзолистые.

Группировка почв по категориям обеспеченности, оценке использования, позволяет научно обоснованно решать вопросы внутрихозяйственного землеустройства, установлению (введению) севооборотов необходимого качества и количества, и правильному их размещению на территории, разработке дифференцированной агротехники в каждом севообороте и каждой культуре, формированию правильных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур на ландшафтной основе.

В соответствии с научными данными мы рекомендуем в зоне Верхневолжья для земель первой категории в структуре пашни иметь: 40 % площади под многолетними бобовыми травами, 10 % – под однолетней капустной культурой и 40 % под зерновыми культурами, 20 % из которых – под озимыми. В качестве примера можно было бы привести такой севооборот: 1 – яровая пшеница с подсевом клевера, 2 – клевер 1 г.п., 3 – клевер 2 г.п., 4 – озимая пшеница или рожь (солома на удобрение), 5 – горчица или редька масличная на семена.

В структуре данного севооборота 40 % пашни отведено под зерновые культуры, 40 % – занято многолетними бобовыми травами, 10 % – однолетней капустной культурой, хорошо истребуемой условиями нынешнего рынка. Плодородие в таком севообороте поддерживается за счет пожнивно-корневых остатков многолетних бобовых трав клевера, органической массой поукосной капустной культуры и соломы озимых. Возможны и другие варианты севооборотов, но имеющие в структуре посева не менее 40 % многолетних бобовых трав.

На землях первой категории целесообразно использование севооборотов с сидеральными парами, которые по эффективности существенно увеличивают продуктивность гектара пашни, особенно если использовать этот предшественник под озимые культуры (табл.).

Таблица. Влияние паровых предшественников на урожайность озимой ржи на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья, в ц/га

Предшественник, парозанимающая культура	Фон	
	без удобрений	НРК
1. Чистый пар	39	48
2. Занятый пар (люпин + овес)	44	47
3. Сидеральный пар (редька масличная)	46	52
4. Комбинированный пар	48	53

В качестве схемы севооборота для этих почв можно было бы рекомендовать следующий: 1 – пар сидеральный, 2 – озимая пшеница или рожь (поукосно горчица), 3 – ячмень или зернобобовые, 4 – горчица или редька масличная. В данном севообороте 25 % пашни отводится под зерновые, 25 % – под зернобобовые или фуражные культуры, 25 % – под масличные культуры и 25 % под пары. Плодородие почвы в таком севообороте поддерживается за счет сидерального пара, зеленая масса которого используется как органическое удобрение. В таком же качестве используется и поукосно высеянная горчица.

Для земель второй категории целесообразно было бы иметь: 50 % площади пашни под многолетними бобовыми травами, 25 % – под зерновыми озимыми культурами и 25 % под фуражными и другими злаковыми. Например: 1 – клевер 1 г.п., 2 – клевер 2 г.п., 3 – озимые (пшеница или

рожь), 4 – овес с подсевом клевера и другие, в котором 50 % пашни отводится под многолетние бобовые травы, 25 % – под зерновые озимые культуры, и 25 % – под фуражные культуры. В таком севообороте плодородие почвы поддерживается за счет пожнивно-корневых остатков многолетних бобовых трав и соломы озимых культур. Но солому необходимо применять в измельченном виде, то есть уборка озимых должна осуществляться комбайнами с измельчителями. Эти земли пригодны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур.

Для земель третьей категории 70 % площади севооборота должны занимать многолетние и однолетние бобовые травы; 30 % – зерновые или однолетние кормовые культуры. Эти земли характеризуются повышенным увлажнением натечного и грунтового характера, они в основном сенокосного использования. На них наиболее приемлемым возможен такой севооборот: 1 – ячмень или овес с подсевом многолетнего злакового компонента, 2 – многолетние травы 1 г.п., 3 – многолетние травы 2 г.п., 4 – многолетние травы 3 г.п., 5 – однолетние травы в виде бобово-злаковых смесей или рапс на зеленую массу, редька масличная и другие. В таком севообороте 33 % занимают зерновые, 67 % – многолетние и однолетние травы. При необходимости яровые зерновые можно занять и однолетними кормовыми культурами.

Таким образом, в природных условиях Верхневолжья рациональное использование многолетних бобовых трав в полевом производстве (40–60 % в структуре севооборота) следует рассматривать как мероприятие, способствующее воспроизводству почвенного плодородия, улучшению экологической безопасности почвы, стабилизации зональных агроэкосистем.

УДК 630*26: 630*385

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОСУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Г. Шурыгин

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С.М. Кирова,
serges3000@yandex.ru

После осушения торфяных почв происходит понижение уровней грунтовых вод, осадка торфа, его минерализация, что приводит к улучшению водного, воздушного и теплового режимов почв. Изменение водного режима зависит от типа почв, интенсивности осушения и произрастающего древостоя.

Многолетние исследования водного режима почв проводились в осушенных сосновых древостоях на маломощных торфяниках и временно-избыточно увлажненных землях Охтинского учебно-опытного лесхоза в Ленинградской области. На опытных участках (ОУ 2а и 3а) торф верховой и переходный, подстилаемый суглинками иногда супесями. Осушение проведено в середине 19 века. Плотность почвы верхних горизонтов почвы Т и А₁ соответственно равна 0.1551 г/см³ и 0.6256 г/см³, что в 10–6 раз меньше плотности нижних горизонтов В и С. Следовательно, в этих условиях сток воды в каналы осушительной сети затруднен и осуществляется преимущественно по верхнему 20 сантиметровому слою почвы. В настоящее время осушительная сеть функционирует.

Опытные участки 1, 2, 3 находятся в 3 квартале Ижоро-Тосненской дачи Лисинского учебно-опытного лесхоза Ленинградской области на Туровском болоте с мощностью торфа 0.4–0.6 м. Болото осушено в 1974 году. Состояние осушительной сети на участках 1–3 хорошее. На болоте до осушения произрастал сосновый древостой III–V класса возраста, IV–Va класса бонитета. В настоящее время лес растет по III–I классу бонитета.

Участок 5 расположен в 15 квартале Ижоро-Тосненской дачи Лисинского учебно-опытного лесхоза. Почвы модер- и грубогумусные средне- и сильноподзолистые среднесуглинистые на ленточных глинах. Главной особенностью этих почв, оказывающей большое влияние на действие осушительной сети и режим стока, является разделение почвенного профиля на два слоя. Верхний слой, более легкий по механическому составу, сравнительно рыхлый и имеет высокую водопроницаемость (коэффициент фильтрации равен 0.6–0.13 см/с). Нижележащий слой – тяжелый плотный и практически водонепроницаемый. Осушение этого участка проведено в 1974 году. На участке произрастают елово-лиственные древостои II–I классов бонитета, V–XII классов возраста, с высотой 0.7–1.3.

Особенности водного режима маломощных торфяников и минеральных почв, подстилаемых слабопроницаемыми грунтами, проявляются при рассмотрении динамики грунтовых вод на рис. 1.

Наиболее высокие уровни грунтовой воды наблюдаются весной в период снеготаяния. Далее происходит постепенный спад почвенных вод под действием осушительной сети и эвапотранспирации. В теплый период года, выпадающие осадки вызывают повышение уровней грунтовых вод. Осенью в связи со снижением суммарного испарения и выпадением ливневых осадков грунтовые воды поднимаются к поверхности. При наступлении устойчивой морозной погоды в зимний период грунтовые воды понижаются под действием осушительной сети.

В мае положение грунтовых вод зависит от начала и интенсивности снеготаяния. В годы со слабой интенсивностью снеготаяния грунтовые воды в этом месяце располагаются на большей глубине от поверхности, чем в годы с интенсивным таянием снега. Далее вплоть до августа уровни грунтовых вод снижаются за счет суммарного испарения и стока. В маловодные периоды вегетации грунтовые воды опускаются на большую глубину, чем в средние и в многоводные. При одинаковой интенсивности осушения на минеральных землях грунтовые воды опускаются на большую величину, чем на торфянике, так как торфяные почвы обладают большей емкостью аккумуляции, и величина капиллярного подъема влаги на торфяниках не превышает 20–30 см, что снижает физическое испарение с поверхности торфа.

В летний период под влиянием осадков могут наблюдаться кратковременные подъемы грунтовых вод. При понижении уровней ниже 40–50 см от поверхности почвы, единичные дожди, величина которых не превышает 10 мм/сутки могут практически не вызывать подъема почвенной воды. Так как часть осадков задерживается пологом древостоев и чем он гуще, тем меньше влияние осадков на уровни грунтовых вод, а часть удерживается в почве, не достигая уровня грунтовых вод.

На осушенных почвах с переходным торфом на участках 1 и 2 средняя за май–сентябрь глубина грунтовых вод была равна соответственно 55.5 и 51.3 см (табл. 1), то есть на обоих участках достигнута норма осушения. К началу вегетации (15 мая) уровни грунтовых вод на участках 1 и 2 находятся на глубине 20–30 см от поверхности, освобождая от гравитационной влаги корнеобитаемый слой (0–30 см) почвы в среднем соответственно к 25 и 14 мая. Амплитуда колебаний уровней грунтовых вод составляет 84.6 и 56.2 см. Максимальная глубина грунтовых 1 и 2 участка достигает соответственно 98.6 и 77.5 см.

Таблица 1. Глубина грунтовых вод за май–сентябрь, см.

№ участка	Вид и глубина торфа	Класс бонитета	Расстояние между каналами, м	Май – сентябрь			
				среднее	макс.	мин.	амплитуда
Лисинский учебно-опытный лесхоз							
1	торф переходный мощностью 20 см	I	93	55.1	98.6	14.0	84.6
2	торф переходный мощностью 60 см	I	110	51.3	77.5	21.3	56.2
3	торф верховой мощностью 40 см	III	156	20.1	49.2	-1.6*	50.8
5		II	110	50.0	114.7	4.1	110.7
Охтинский учебно-опытный лесхоз							
2а	торф переходный мощностью 15 см	II	110	32.5	89.0	0.5	88.5
3а	торф верховой мощностью 25 см	III	240	12.9	61.0	-7.0*	68.0

* «-» означает, что уровень грунтовых вод находился выше средней отметки поверхности.

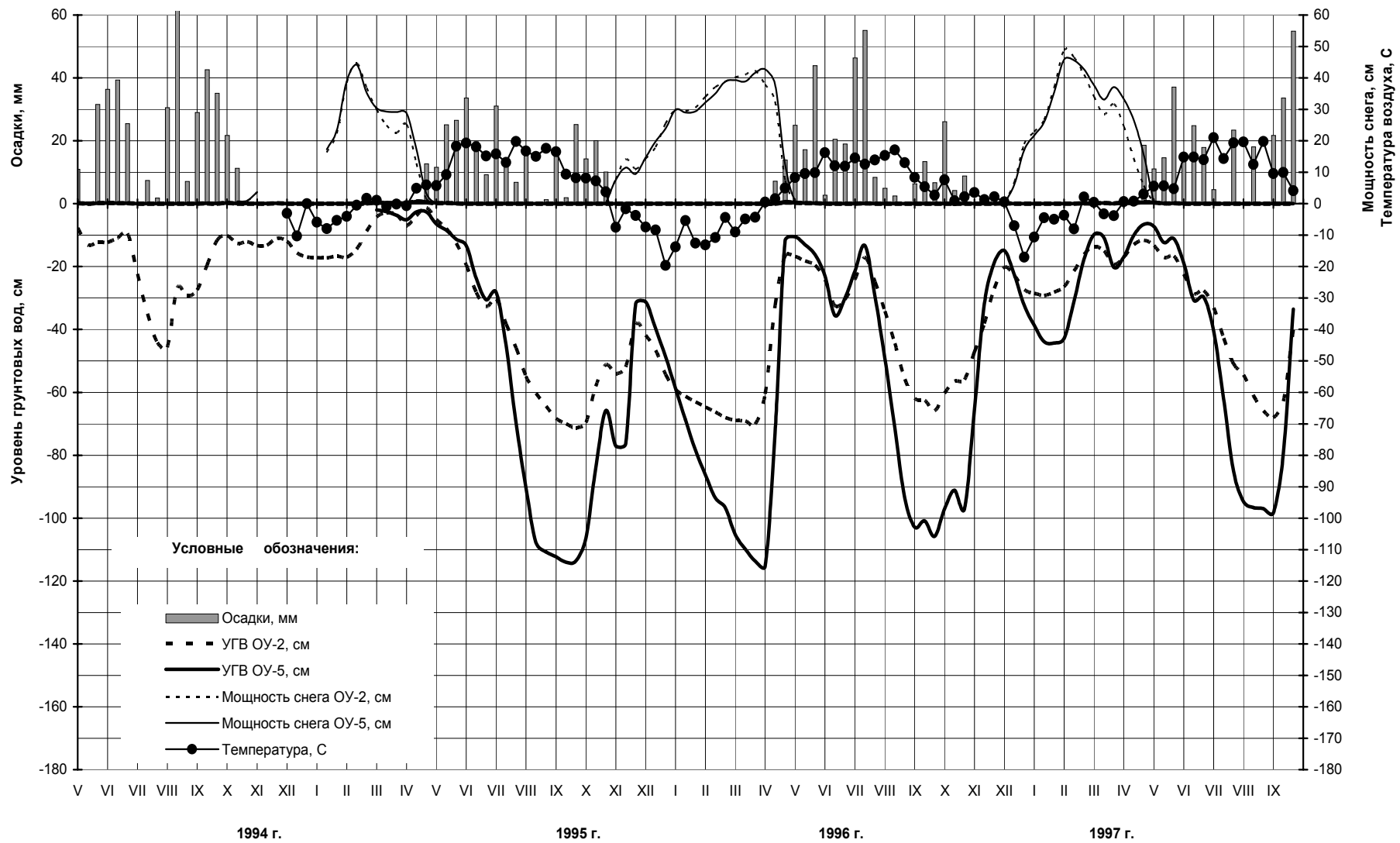


Рисунок 1. Динамика уровней грунтовых вод (УГВ) на торфяных (ОУ-2) и минеральных (ОУ-5) землях.

В настоящее время средняя для периода май–сентябрь глубина грунтовых вод на межканальной полосе 3 и 3а участков достигает 20.1 и 12.9 см соответственно. Норма осушения на этих участках не достигнута, так как они осушены с малой интенсивностью. Уровень грунтовых вод к началу вегетации на участках 3 и 3а находится на глубине 3–5 см, что приводит к затоплению корнеобитаемого слоя (0–30 см) почвы, которое продолжается в среднем до конца июля. А после сильных дождей уровень грунтовых вод на 3 и 3а участках находился выше средней отметки поверхности на 1.6 и 7.0 см, то есть почти все корни деревьев затоплены. Следовательно, на 3 и 3а участках большую часть вегетационного периода корни древесных растений подтоплены почвенной водой, в этот период наблюдается гибель активных корней, что и снижает прирост древостоев.

На минеральных землях (участок 5) грунтовые воды в среднем за период вегетации располагаются на глубине 50 см. К началу периода вегетации на этом участке грунтовые воды находятся на малой глубине (8.5–13.3 см), что приводит к частичному затоплению корневых систем древостоев и снижению прироста. Уровень грунтовых вод опускается ниже корнеобитаемого слоя почвы (0–30 см) на этом участке в среднем к 16 июля.

При одинаковых расстояниях между осушителями уровень грунтовых вод зависит от типа почвы, глубины торфа, подстилающей породы и произрастающего древостоя. Из табл. 1 видно, что при расстоянии между осушителями в 110 м на опытных участках 2, 2а и 5 обеспечивается разная степень осушения. Весной, после снеготаяния грунтовые воды на торфяных землях находится ниже, чем на минеральных. При улучшении класса бонитета торфяных почв (со II по I) участки 2а и 2, снижается средняя вегетационная глубина грунтовых вод, амплитуда колебаний грунтовых вод и вероятность затопления коневых систем древостоев, то есть улучшается водный режим торфяных почв.

Сравнивая уровни грунтовых вод на середине межканального промежутка на переходном участке болота и минеральных землях (участки 2 и 5), выявлено, что средние за период май–сентябрь величины уровней грунтовых вод на этих участках равны 51.3 и 50 см, однако максимальные и минимальные величины уровней грунтовых вод сильно отличаются. Минимальные уровни грунтовых вод на переходных торфяниках и минеральных землях соответственно равны 21.3 и 4.1 см, а максимальные – 77.5 и 114.7 см, то есть при близкой величине средних уровней грунтовых вод на переходных торфяниках и минеральных землях на торфяных землях наблюдается меньшая амплитуда колебаний уровней грунтовых вод по сравнению с минеральными. Уровень грунтовых вод к началу вегетации (15 мая) на минеральных почвах находится на меньшей глубине, чем на торфянике. Объясняется это тем, что, во-первых, снеготаяние в елово-лиственных древостоях на участке 5 заканчивается позднее, чем в сосняках на торфянике, во-вторых, торфяные почвы обладают большей емкостью аккумуляции.

При увеличении интенсивности осушения торфяников и минеральных почв грунтовые воды к началу периода вегетации и в течение всего периода опускаются на большую глубину, увеличивается амплитуда колебаний уровней грунтовых вод, снижается вероятность затопления корней и, в целом, улучшается водный режим этих почв.

Ступение осушительной сети на маломощных торфяниках со 156 м до 110 м (в 1.5 раза) и с 240 м до 110 м (в 2.2 раза) приводит к понижению уровней грунтовых вод соответственно в 2.5 и 4 раза, что снижает вероятность затопления корней деревьев и улучшает водный режим этих почв.

Осушение торфяных и минеральных почв привело к понижению уровней грунтовых вод на всех опытных участках. Далее в последующие годы за счет осадки торфа, его частичной минерализации произошло увеличение зольности торфа и как следствие повышение продуктивности древостоев. Увеличилась и полнота древостоев. Улучшение водного режима осушенных почв привело к повышению класса бонитета на участках с переходным торфом до I – II, на участках с верховым торфом и минерально-гидроморфными почвами до II – III.

ОБСЛЕДОВАНИЕ И РЕМОНТ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПОЛЕЙ,
ОСУШЕННЫХ ЗАКРЫТЫМ ТРУБЧАТЫМ ДРЕНАЖОМ

Ю.Г. Янко

ФГУ «Управление «Ленмелиоводхоз», г. Санкт-Петербург, lenmeliovodhoz@hotmail.ru

Как показывают проводимые обследования коллекторно-дренажной сети, несмотря на значительный нормативный износ, основные элементы закрытого дренажа вполне работоспособны и при выполнении тех или иных дополнительных мероприятий позволят существенно продлить эффективную работу осушительной сети. Объективную оценку состояния коллекторно-дренажной сети можно получить на основе систематических наблюдений, являющихся частью мониторинга мелиорированных земель. На практике, в основном, выполняется полевое обследование со вскрытием или без такового закрытого дренажа. С целью подготовки проектной документации по ремонту или реконструкции закрытых осушительных систем предварительно изучается исполнительская документация и после анализа выполненного проекта проводится детальное обследование по утвержденной методике мелиоративной системы. При этом устанавливаются причины переувлажнения почвы, характеристики почвенно-грунтовых условий, определяются участки нормального состояния и участки, где не обеспечивается необходимая степень осушения, оценивается состояние внешних элементов дренажных систем (устьев, колодцев, колодцев-фильтров), а также намечаются места для последующей шурфовки. При вскрытии дренажа оценивается состояние устьевой части коллектора, колодцев и трубных примыканий к ним, соединений дрен с коллектором, состояние коллекторных и дренажных труб, а также трубной полости, защитно-фильтрующего материала, дренажной засыпки. Также устанавливается глубина дренажа и уклон дренажных линий и по характеру нарушений устанавливаются меры по их устранению. Даже при визуальном обследовании без вскрытия коллекторно-дренажной сети можно определить многие факторы, снижающие эффективность действия закрытой осушительной сети, например:

- подпор дренажных систем проводящим каналом или водоприемником;
- разрушение коллекторно-дренажной сети позже построенными сооружениями (чаще всего линейными);

Некоторые признаки потери работоспособности закрытого дренажа, для выявления которых требуется вскрытие дренажа:

- отсутствие устья коллектора и местоположения закрытого дренажа на переувлажненных контурах;
- застой воды, наличие вымочек или следов их на площади, осушаемой закрытым дренажем;

Заиление полости труб происходит, главным образом, в суффозионно неустойчивых пылеватых песках и супесях. При заилении труб резко уменьшается водоприемная и водопропускная способность дренажа.

Так, при заилении 30 % полости трубы водоприемная способность дренажа снижается на 40 %, при заилении 70 % – более чем на 80 %

Зависимость водоприемной способности дренажа от степени заиления представлена на графике (рис.1)

Для улучшения работы закрытой осушительной сети требуется в первую очередь привести в проектное состояние проводящие каналы, принимающие дренаж, устья коллекторов, дренажные колодцы и трубные соединения в колодцах.

В слабопроницаемых почвогрунтах необходима тщательная оценка водопроницаемости дренажной засыпки. Водопроницаемость дренажной засыпки должна быть не менее 1.5 м/сут.

При уплотнении и плохой водопропускной способности дренажной засыпки, как правило, рекомендуются:

- выполнение агромелиоративных мероприятий по рыхлению почвы и разрыхлению переуплотненной плужной подошвы. При выполнении рыхления, глубина его должна быть гарантировано выше дренажных линий;
- пунктирная замена дренажной засыпки хорошо фильтрующим материалом посредством устройства фильтрующих колонок и колонок-поглотителей.

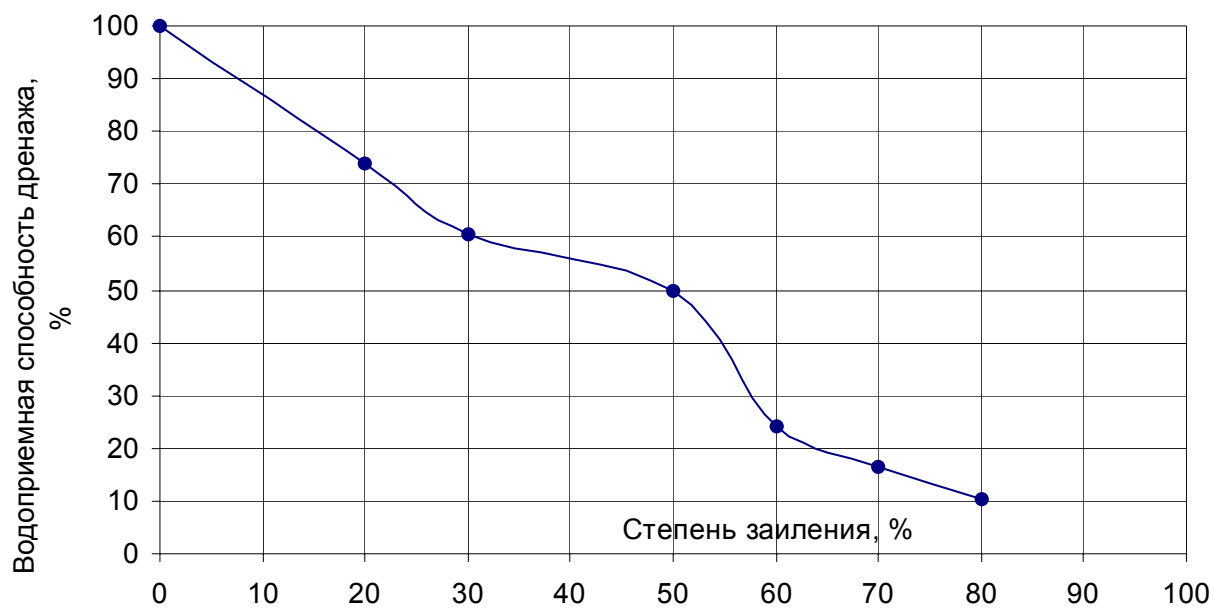


Рисунок. Зависимость водоприимной способности дренажа от степени заиления.

В тех случаях, когда нарушения в работе дренажа вызваны недопустимо малой глубиной закладки дренажной сети, обратными уклонами на дренажных линиях, недопустимо большими зазорами между гончарными трубами, смещением или разрушением их, восстановить работоспособность дренажа можно только посредством переукладки нарушенных участков дрен или устройства новых дренажных линий. Устройство нового дренажа требуется также при заилении более 50 % полости труб сухим твердым наилком; Промывка коллекторно-дренажной сети является одним из основных мероприятий по восстановлению работы дренажа. Промывка рекомендуется при заилении или заохривании до 80 % сечения коллекторных труб рыхлым наилком. Промывка закрытой регулирующей сети весьма трудоемка и эффективна при заилении не более 30 % полости труб. Посредством промывки обеспечивается очистка полости дренажно-коллекторных труб от наилка и охристых отложений и восстанавливается водоприимная и водопрopusкная способность их. Объем наносов в зависимости от степени заиления и диаметра труб на 100 м дренажно-коллекторной сети приведен в таблице.

Количество проходов фрезерного промывочного насадка типа НФП на шланге дренопромывочной машины ДММ-1 назначается в зависимости от степени заиления полости труб и их диаметра, так при заилении до 30 % и диаметре труб до 100 мм – наилком в трубах удаляется за один проход, при диаметре 100 мм и более требуется два прохода, при заилении 30–70 %, учитывая резкое увеличение объема наилка, (при 70 % заиления объем наносов увеличивается в 2–3 раза) для промывки труб диаметром 50, 63 и 75 мм требуется двукратная промывка, при диаметре 100 мм – трехкратная, при заилении более 70 % – не менее трех проходов. При промывке коллекторов диаметром 100–150 мм и степени заиления их 50 % и больше, гидравлическая транспортировка наносов на расстояние более 25–30 м невозможна. Поэтому в таких случаях требуется устройство промывочных шурфов через 25 м.

Таблица. Объем наносов в зависимости от степени заиления и диаметра труб.

Степень заиления, %	Степень перекрытия периметра труб наносами, %	Объем наносов при диаметре труб, м ³ /100 м			
		50 мм	75 мм	100 мм	150 мм
10	26.0	0.02	0.04	0.08	0.18
20	34.0	0.04	0.09	0.16	0.35
30	39.5	0.06	0.13	0.24	0.53
50	50.0	0.10	0.22	0.39	0.88
70	83.6	0.14	0.31	0.55	1.24
80	89.6	0.16	0.35	0.63	1.41

Для обеспечения высокой работоспособности дренажа в течение длительного времени промывка дренажа должна носить систематический характер.

ВЫВОДЫ

1. Поиск эффективных способов восстановления работоспособности закрытого дренажа является одним из самых актуальных направлений мелиоративных исследований.

2. В основе разработки эффективных способов восстановления и повышения эффективности работы закрытой осушительной сети должны быть системные обследования состояния всех элементов закрытого дренажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулюк Г.Г., Черняк М.Б., Штыков В.И., Янко Ю.Г. Руководство по мелиорации полей. СПб, 2007 г. 238 с.

2. Климко А.И., Черняк М.Б., Янко Ю.Г. Справочник мелиоратора. СПб, 2009 г.

Секция 2
Докучаевский план преобразования
природы и борьбы с засухой:
НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

УДК 634.9

ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ ДУБОВ В ПОЧВОЗАЩИТНОМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ

А.Ю. Куленкамп¹, В.П. Белобров²

¹РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, belobrovvp@mail.ru

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Искусственным разведением дуба в России занимаются уже несколько веков, чему в определенной степени способствовал достаточно широкий климатический ареал дуба от Махачкалы до Санкт-Петербурга, постепенно сужаясь на восток от западных границ России до Урала. Основное назначение дуба как прочной строевой древесной породы было необходимо для строительства Российского флота. Эта особенность дуба была по достоинству оценена Петром I, который много внимания уделял охране и разведению лесов и, прежде всего дубов, как наилучшего строительного материала. По его приказу было создано несколько дубовых рощ в разных климатических зонах и особенно в степных и лесостепных регионах страны; на севере страны в районе Сестрорецка (дача «Дубки»). По определению М.Е. Ткаченко Петр I – первый русский лесовод степей.

Как отмечают многие лесоводы, постепенное продвижение дуба шло и идет на север со скоростью 300 метров в год, «догоняя» отступивший ледник. За прошедшие 300 лет ареал дуба продвинулся на север на 90 км, и предположительно за последние 2 тысячелетия на 600 км. В то же время условия роста дуба черешчатого (доминанта на Европейской территории России) определяются не только климатическими показателями, но и во многом почвенными. Дуб предпочитает суглинистые покровные отложения, которые по сравнению с супесчаными и легкосуглинистыми более влагоемкие. Приуроченность дубрав к почвам более тяжелого гранулометрического состава прослеживается на всех зональных типах почв. По данным М.В. Колесниченко (1971) правобережье большинства рек ЕЧР занято дубравами, тогда как левобережье – сосновыми борами и субарями (дуб с сосной) на более легких супесчаных отложениях.

Хорошо известно, что наиболее крупные посадки дубрав, начиная со времен Петра I, велись в безлесных и малолесных районах России, что по всем, в том числе и почвозащитным критериям, было совершенно оправданным. Текущее тысячелетие в России характеризуется безудержной рубкой всего и вся, оставляя безлесными целые регионы. Восполняет эти потери сама природа, восстанавливая лесные сообщества на залежных землях, площадь которых неуклонно растет и уже насчитывает несколько десятков миллионов га.

Историческая роль дубов в почвозащитном лесоразведении на наш взгляд еще требует своей оценки. Особенно в части смешанных посадок, с подгоночными лесными культурами (клен остролистный, липа, лещина, рябина и др.) на менее благоприятных для дуба почвах, но в условиях, способствующих его росту. Дубы хорошо приживаются и на дерново-подзолистых почвах на покровных хорошо дренированных суглинках, часто подстилаемых песчаными отложениями на глубине 1.5–2.0 м.

У дуба по сравнению с другими лиственными породами более мощный опад, что способствует гумусированности почв. Установлено, что дуб в целом влаголюбивая порода и в то же время может расти в условиях глубоко залегающих грунтовых вод, доставая их своими корнями с глубины до 18 метров.

Настало время посмотреть на дубы с несколько иных и тоже позитивных экологических и почвозащитных позиций, причем не только времен Петра I или докучаевских лесополос, но и современности, как важной многофункциональной древесной породы.

УДК 631.587

ПЕДОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИВОЛЖСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Г.С. Куст, С.Ю. Розов, П.В. Андреев

Факультет почвоведения и Институт экологического почвоведения МГУ, Москва, gkust@yandex.ru

Орошение на исследуемой территории интенсифицирует рассоление почв и пород на автономных позициях рельефа и одновременно тормозит или в некоторых случаях обращает процесс рассоления почв подчиненных элементов рельефа. В транзитных ландшафтных позициях (на склонах, которые занимают наибольшую площадь исследуемой территории) возможны проявления обоих направлений трансформации почв.

Согласно нашим наблюдениям, значительная часть потока фильтрующихся оросительных вод и осадков на данной территории направлена не вертикально, а формирует латеральный внутрипочвенный сток по внутрипочвенным водоупорам. В качестве последних в разных случаях служат либо иллювиальные солонцеватые и солонцовые горизонты (в верхней части профиля), либо слои карбонатной пропитки и цементации (в средней и нижней частях профиля), либо ложе древних местных водотоков, балок и оврагов, перекрытых впоследствии естественными эоловыми наносами или делювием, или в результате планировки территории полей при строительстве оросительной системы.

Такие потоки могут носить как направленный, так и «блуждающий» характер, что обычно характерно для дельтовых и поемных территорий. Палеогидроморфная «матрица» почвенно-грунтового сложения данной территории, расположенной на террасах р. Волга, по-видимому, сохраняется и в настоящее время, оказывая влияние на характер перераспределения почвенно-грунтового стока.

Делая предположение о наличии достаточно интенсивного латерального внутрипочвенного стока, мы не считаем, что он проявляется повсеместно. Наоборот, мы предполагаем существование под поверхностью современного почвенного «плаща» хотя и весьма разветвленной системы внутрипочвенных и грунтовых «дрен», но в значительной степени локализованных. Именно благодаря им, по нашему мнению, и последующей их разгрузке в естественные балки и подземные лиманы исследуемая оросительная система, не имеющая искусственной дренажной системы, за многие годы своего функционирования не пришла в упадок из-за катастрофического подъема уровня грунтовых вод и обязательного в таких случаях вторичного засоления и осолонцевания.

С другой стороны, наличием латеральной внутрипочвенной миграции выщелачиваемых из автономных ландшафтов солей объясняется наличие солонцеватых почв на более крутых склонах (участках с более резкими перепадами высот). По всей видимости, именно на таких участках следует ожидать одновременно постоянного притока легкорастворимых солей, в том числе и с содержанием натрия, способствующих пептизации коллоидов и деградации почвенной структуры, а с другой стороны – постоянного избытка влаги, хорошо дренирующейся, и обеспечивающей регулярное периодическое рассоление почвенной толщи. Иначе говоря, в таких позициях рельефа можно ожидать пульсирующего режима малоконтрастных процессов засоления-рассоления, которые приводят к незначительному современному осолонцеванию.

УДК 631.4; 556.3

ОПЫТ МЕЛИОРАЦИЙ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЮГЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Г. Лопатовская, А.А. Сугаченко

Восточно-Сибирская Государственная Академия Образования, Иркутский Государственный Университет, lopatovs@mail.ru

Засоленные почвы распространены преимущественно в лесостепной и степной частях юга Иркутской области, но по долинам рек могут выходить за их пределы.

Согласно последнему детальному почвенному обследованию 1983 г. в числе мелиорированных засоленных почв Иркутской области лугово-черноземные засоленные почвы занимали (тыс. га) 9.4; из них пашня – 2.9, сенокос – 1.5, пастбище – 4.1, лес – 0.9. Луговые засоленные почвы занимали 44.4; пашня – 16.0, сенокос – 1.5, пастбище – 13.5, лес – 13.4. Солончаки луговые занимали 10.6; пашня – 0.5, сенокос – 1.1, пастбище – 8.8, лес – 0.2. Солонцы занимали 1.4; пашня – 0.8, сенокос – 0.3, пастбище – 0.3. Итого по области 69.0; пашня – 7.9, сенокос – 18.9, пастбище – 26.7, леса – 14.5. Кроме перечисленных встречаются черноземы солонцеватые, а также засоленные каштановые, болотные, лугово-болотные, аллювиальные в комплексе с солончаками, реже с солонцами и солодами.

По степени засоления орошаемые земли Иркутской области в 1989 г. распределились следующим образом (тыс. га): незасоленные – 25.9; слабозасоленные – 2.76; средnezасоленные – 0.38; сильнозасоленные и очень сильнозасоленные (солончаки) – 0.35. По степени солонцеватости: незасоленные – 29.10; слабосолонцеватые – 0.07; средне- и сильносолонцеватые – 0.31.

По площадному развитию средне- и сильнозасоленных почв, определяющих неудовлетворительное мелиоративное состояние орошаемых земель наиболее выделяются Эхирит-Булагатский, Иркутский, Качугский, Нукутский, Баяндаевский, Осинский и Усольский районы.

Орошаемые засоленные земли имеют форму пятен, полос размером от нескольких до сотен гектаров, реже засоленной является вся орошаемая площадь. Тип засоления преимущественно сульфатный, хлоридно-сульфатный и содово-сульфатный.

Развитию процессов соленакопления способствуют: соленосность пород; интенсивное испарение с поверхности почвы грунтовых и оросительных вод; перенос и переотложение соли со склонов долин в пониженные участки; подтяжка и переотложение солей из нижних литологических слоев и близко залегающих грунтовых вод криогенно-аккумулятивными процессами. В большинстве случаев в процессе образования засоленных почв принимает участие весь комплекс перечисленных выше факторов.

Основными мелиорациями засоленных почв являются: гидротехнические, тепловые мелиорации и рассоление. Гипсование засоленных почв не является актуальным для территории юга Восточной Сибири. Это обусловлено отсутствием солонцового процесса при искусственном рассолении вследствие весьма редкой встречаемости содвозасоленных почв.

В качестве примера мелиорации засоленных почв можно привести данные за 1989 г. орошаемых земель в Качугском районе. Орошаемые засоленные почвы расположены в долине р. Анги, которая служит источником водоснабжения. Вода в реке гидрокарбонатно-кальциевая с общей минерализацией 310–350 мг/л, рН 7–8.

Почвы сформированы на карбонатных и засоленных суглинистых отложениях и характеризуются засоленностью верхней части профиля. При многочисленных поливах и выполнении мероприятий по снижению рН химический состав орошаемых вод оказал значительное отрицательное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Здесь выявлены следующие разности почв имеющих засоление: чернозем карбонатный солончаковатый, лугово-черноземная солончаковая, дерново-карбонатная солончаковатая, дерново-карбонатная глубокосолончаковая, дерново-карбонатная глубокозасоленная.

Преобладающее засоление сульфатное. Величина плотного остатка от 0.25 до 2 %. рН 7.4–7.5, увеличивается книзу.

Еще в конце 50-х годов прошлого столетия целинные и залежные земли (лугово-черноземные солонцеватые и солонцы) были распашаны, в пашне оказались солонцеватые почвы, солонцеватый горизонт был вывернут на поверхность. В результате образовалось вторичное засоление почв. На этих почвах теперь необходимо проведение солерегулирующих химических мелиораций, заключающихся во внесении минеральных удобрений и гипсовании почв.

Для получения статистических данных об уровнях грунтовых, поверхностных вод и площади засоления, необходимо в ближайшие годы провести анализ водного и солевого режимов, глубины залегания уровня грунтовых вод (средний за вегетационный период), степени засоления и солонцеватости почв, т.е. факторов, обуславливающих эти режимы и на этой основе составить прогноз гидрогеолого-мелиоративного состояния по основным мелиоративным системам.

Имеющиеся на настоящий момент данные позволяют сделать несколько общих прогнозов гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых и осушенных земель.

Орошаемые земли неудовлетворительного мелиоративного состояния по недопустимой глубине уровня грунтовых вод (< 1.0 м) отмечены практически во всех сельскохозяйственных районах области. Основными причинами, обуславливающими переувлажнение, заболачивание и засоление орошаемых земель являются: близкий уровень грунтовых вод, наличие мерзлоты, недренированных и слабодренированных пониженных участков, а также несоблюдение норм и сроков поливов, отсутствие локального горизонтального дренажа. На орошаемых землях при несоблюдении норм и сроков поливов возможно расширение засоленных площадей наиболее подверженных потенциальному засолению. Это почвы северных и северо-западных сельскохозяйственных районов области, где почвообразующими грунтами являются глинистые элювиально-делювиальные отложения красноцветной верхоленской свиты верхнего кембрия и карбонатные отложения ангарской свиты нижнего кембрия, содержащие в своем составе большое количество легкорастворимых солей, которые могут быть переотложены в верхние горизонты вследствие близкого залегания уровней грунтовых вод, неправильных поливов или криогенно-аккумулятивными процессами.

Распределение засоленных земель по генетическому признаку и площадному распределению соответствуют группам орошаемых земель по гидрогеологическим условиям. В первой группе орошаемых земель с относительно простыми гидрогеологическими условиями количество земель неудовлетворительного мелиоративного состояния по засолению равно 622 га или 55 % от общей площади засоленных земель (например, земли Нукутского района). Характерной особенностью этой оросительной системы является то, что она располагается в местах представленных аргиллитами и мергелями, содержащих высокое (2.1–16.7 %) количество выветренного гипса в виде линз и прожилков. Это засоление первичного типа с относительно стабильным водно-солевым режимом почв.

Засоленные земли другой группы орошаемых земель характеризуются сложными гидрогеологическими условиями и составляют 507 га или 45 % от общей площади засоленных земель. Участки засоления приурочены, в основном, к землям с высоким залеганием уровней грунтовых вод, а также к участкам переувлажнения и заболачивания.

Основными показателями при определении мелиоративного состояния осушенных земель являлись глубина уровня грунтовых вод и недопустимые сроки отвода поверхностных вод.

Осушительные системы, как правило, приурочены к поймам рек, русла которых являются водоприемниками коллекторно-дренажной сети. Основными причинами малоэффективной работы осушительных систем и наличие земель неудовлетворительного мелиоративного состояния по уровню грунтовых вод и срокам отвода поверхностных вод являются: подпор осушительных каналов руслами рек; затопление осушительных земель паводковыми водами рек через русла осушительных каналов; несоблюдение углов естественного откоса стенок каналов при строительстве; отсутствие организованного стока выклинивающихся террасовых грунтовых вод и вод мелких боковых водопадов в результате разрушения ловчих и нагорно-ловчих каналов; сильная заочкаренность осушенных земель, неисправность коллекторно-дренажной сети.

В большинстве хозяйств текущие эксплуатационно-ремонтные работы не ведутся, русла каналов зарастают травой, кустарником, в приустьевых частях затапливаются, устраиваются грунтовые переезды и насыпи для сельскохозяйственной техники, свалки бытового мусора. По этим причинам многие осушительные системы требуют проведения реконструкции и капитального ремонта. Эксплуатация осушительных систем ведется нерационально, шлюзы-регуляторы, установленные на многих системах для управления коллекторно-дренажной сетью не используются. Существующая система оценки мелиоративного состояния осушенных земель не учитывает степени засоления почв, хотя практически засоление оказывает значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, поэтому учет степени засоления почв дал бы более объективную оценку мелиоративного состояния осушенных земель.

На участках со средне- и сильнозасоленными почвами необходимо предусматривать мероприятия по рассолению и предотвращению вторичного засоления. С этой целью рекомендуется проводить глубокую вспашку с оборотом пласта, залужение солеустойчивыми травами, внесение органико-минеральных удобрений ведет к снижению токсичности солей.

Отсутствие текущих эксплуатационно-ремонтных работ на осушительных системах, уже привело к увеличению площадей вторичного заболачивания; образующиеся новые пониженные участки рельефа заполнились атмосферными осадками и паводковыми водами. В качестве примера неудачного проектирования мелиоративной системы можно привести систему орошения совхоза «Муринский» Эхирит-Булагатского района. Мелиорируемые земли этого хозяйства расположены в пределах поймы и первичной надпойменной террасы р. Мурин и относятся к группе земель со сложными гидрогеологическими условиями. Есть большие участки переувлажненных и заболоченных земель со смешанным типом водного питания, а также участки засоленных земель. При проектировании мелиоративной системы не был предусмотрен в достаточном количестве искусственный дренаж переувлажненных земель, не были запроектированы нагорные каналы для перехвата террасовых выклинивающихся грунтовых вод. В результате на осушительных системах, где ведущими факторами заболачивания и переувлажнения является поверхностное питание, площади с неудовлетворительным состоянием сохраняются, а при невыполнении строительства дополнительной коллекторно-дренажной сети – расширяются; в результате воздействия осушительной мелиорации на осушенных землях будет продолжаться формирование нового микрорельефа, связанного с усадкой и оттаиванием мерзлоты, карстовыми и суффозионными явлениями.

Обзор современного состояния и перспектив развития земельных мелиорации в Восточной Сибири позволяет сделать следующие выводы и предложения по состоянию и развитию земельных мелиорации в местных природных условиях: почвы имеют местные особенности и генезиса и форм засоления почв, микрокомплексность засоленных и незасоленных почв, пятнистость эрозии, влияние мерзлоты на накопление солей.

Для улучшения земель с неудовлетворительным мелиоративным состоянием рекомендуется на землях с недопустимой глубиной уровня грунтовых вод устройство коллекторно-дренажной сети для снижения уровня грунтовых вод и отвода избыточных оросительных вод и атмосферных осадков. На засоленных землях рекомендуется проведение солерегулирующих химических мелиорации, заключающихся во внесении минеральных удобрений, гипсовании почв. Рекомендуется проведение глубокого рыхления с целью снижения интенсивности процессов подтяжки солей из нижних литологических горизонтов.

УДК 631.58(470.32-924.86)

ПРОДУКТИВНОСТЬ С.-Х. КУЛЬТУР И ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ СТЕПИ ЦЧЗ

М.И. Лопырев, К.Е. Стекольников, А.Г. Богданов

Воронежский государственный аграрный университет, soil@agrochem.vsau.ru

Обладая колоссальным богатством – почти половиной Мировых площадей черноземов, Россия как в конце 20 века, так и в начале 3 тысячелетия отстает от развитых стран по валовому производству растениеводческой продукции на душу населения и по величине урожаев всех с.-х. культур. Объективная причина такого состояния земледелия в России – черноземы расположены в зоне дефицитного увлажнения (что, однако, не мешает хорошим хозяевам получать 5–7 т/га зерновых). Однако главная – традиционно низкая культура земледелия и наша технологическая отсталость.

В 1883 г. своей книге «Наши степи прежде и теперь» Докучаев В.В. ставит вопрос о деградации черноземов. Главным фактором деградации, по его мнению, выступает эрозия – следствие хищнической распашки черноземных степей. Трудно не согласиться с основателем науки о почвах, однако выделяемая им в качестве основного вида деградации эрозия, есть следствие неразумного хозяйствования. Прошло более века, а неразумное использование черноземов не только осталось, но и усилилось на «научной основе». Имеются в виду усиленно внедряемые еще с 70-х годов прошлого столетия научно обоснованные системы земледелия. Подтверждением этого является чрезвычайно высокий уровень распаханности территории областей ЦЧЗ – более 80 %. В отдельных хозяйствах, он приближается к 90 %. О каких же научно обоснованных системах земледелия может быть речь? Нарушены веками сложившиеся связи между природными компонентами ландшафтов, главным из которых является почва.

Экологическая стабильность агроландшафтов достигается только адаптивной (Кирюшин В.И., 1993; Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швецбс Г.И., 1994; Лопырев М.И., 1995) структурой агроэкосистемы. Это же главное условие устойчивой продуктивности агроэкосистем. Адаптивная структура земельных угодий обеспечивает самовоспроизводство ресурсов при минимальных затратах и предусматривает следующие ограничения:

1) недопустимость дисбаланса в циклах питательных элементов и органического вещества в почвах; 2) недопустимость разрушения травостоев естественных и улучшенных кормовых угодий (соблюдать баланс между продуктивностью кормовых угодий и поголовьем животных); 3) недопустимость разрушения гидрологии агроландшафта (создание «экологического каркаса» из естественных и искусственных насаждений как важнейшего фактора стабилизации гидрологического режима); 4) недопустимость загрязнения агроэкосистемы (почв, вод, атмосферы, продукции) токсичными ксенобиотиками; 5) недопустимость снижения биологического разнообразия элементов агроэкосистем, оставшихся от естественных ландшафтов (участки леса, кустарники, поляны, луга, болота, охраняемые территории и т. д.).

Эрозия пашни не простое зло. Нанося непоправимый вред, она лишает наших потомков не будущего, а самой жизни. Утрата многих ресурсов не всегда грозит человеку гибелью. Зато потеря пашни неотвратимо лишает человека возможности жить. Ни фрукты, ни морепродукты не могут обеспечить жизнь человека. Русская пословица «Хлеб всему голова» выражает смысл существова-

ния человека. Возможно, что актуальность вопроса эрозии пахотных почв обусловлена наглядностью процесса и его последствий. Изменения, вызванные эрозией можно наблюдать не только при жизни одного поколения, а даже за очень короткий срок, исчисляемый десятками минут, часами или сутками. Короткий, но интенсивный летний ливень или бурное весеннее половодье могут буквально уничтожить значительные участки пашни за чрезвычайно малый промежуток времени. В июне 2009 года в отдельных местах Кантемировского района за 20–30 минут выпала месячная норма осадков. В КФХ Богданова – части землепользования бывшего колхоза «Дружба», где адаптивно-ландшафтная организация территории организована с 1985 г. под руководством профессора Лопырева М.И., ливневая эрозия была существенно ограничена защитными кулисами и лесополосами, а в соседнем хозяйстве СХП «Новомарковское», на отдельных участках был полностью, до подстилающей породы (мела) смыт весь почвенный профиль. Слой чернозема, отложенный ливневыми водами на днище балки, составил 120 см. Эффективность адаптивно-ландшафтного похода убедительно доказана.

Прежде всего, это проявляется в сохранности гумусного слоя. В сходных геоморфологических условиях соседнего хозяйства мощность гумусного слоя на 6–13 см ниже, чем в КФХ Богданова. Считается, что 1 см гумусного слоя в естественных условиях формируется за 100 лет. Получается, что новая организация территории сохраняет созданное Природой за 600–1300 лет. Сохранение гумусного слоя обуславливает более высокое содержание гумуса в пахотном слое, т.к. не смывается самая богатая им верхняя часть его. Это в свою очередь, обуславливает и более высокие, на 100–160 т/га, запасы гумуса в гумусном слое.

Жесточайшая засуха 2010 года привела к недобору в России 60 млн. т. зерновых культур. По Воронежской области средняя урожайность зерновых культур составила 1.2 т/га. В передовых с.-х. предприятиях области – ООО «СЭЗ» Панинского района 3.0, ОАО «Новонадеждинское» Аннинского района 3.9 т/га, КФХ Князева Хохольского района 4.4 т/га, балл бонитета пашни соответственно 91, 81 и 83. В пересчете на балл бонитета урожайность по этим хозяйствам составила 0.3, 0.5 и 0.5 ц/га соответственно. В условиях адаптивно-ландшафтной организации территории КФХ Богданова Кантемировского района получено 3.3 т/га зерновых, балл бонитета пашни 59 или 0.6 ц/га на балл бонитета. В НИИСХ ЦЧЗ им. В.В. Докучаева, Таловского района урожайность зерновых не превысила вопреки ожиданиям 1.2–1.5 т/га. Густая система мощных лесных полос «бастиона» не устояла против засухи. Природа в очередной раз опровергла «прямолинейный» подход к ней. Ландшафт не лист бумаги, который следует разграфить лесными полосами. Следует помнить, что в далеком 1892 г. Докучаев В.В. задачу Особой экспедиции сводил к попытке реставрации черноземной степи, доказать возможность восстановления леса в степных условиях. Узколесоводческая задача по подбору древесно-кустарниковых пород, приемов посадки и ухода за лесными полосами успешно решена. А вот организация устойчивого агроландшафта не удалась.

Конечно, по поводу освоения ландшафтных систем земледелия могут быть возражения. Да, они требуют материальных затрат и времени. Но уже только один отказ от традиционной вспашки склонов, сразу же, дает наглядную пользу – резко снижается эрозия. Ранней весной в любом хозяйстве с традиционной системой земледелия можно наблюдать потоки чернозема на склонах многочисленных балок. При таком отношении мы можем полностью потерять черноземы при жизни одного поколения. Мы понимаем, что никакие разговоры, никакие комитеты и общественные организации в нашей стране не решают проблемы сохранения черноземов. В отличие от стран, где общественность может повлиять на власть, в нашей стране она ничего не решает. Решение проблемы только одно – наличие воли и желания власти. Решением власти необходимо прекратить обработку склоновых почв, их следует перевести в другую категорию с.-х. угодий – законсервировать, так как это уже давно сделано в США. Ведь в Воронежской области этот процесс идет стихийно – брошенная пашня и не только на склонах, зарастает бурьяном (как ни странно это сейчас благо) и, что самое неприятное, лесом от лесных полос. Бурьян можно сжечь или запахать. С лесом это сделать уже не удастся.

Поэтому власть, не отлагая решения на потом немедленно должна: 1) провести инвентаризацию земель области (в настоящее время нет достоверных данных о состоянии земель по всей России, как нет и организации, способной выполнить инвентаризацию); 2) принять закон об ответственности землевладельца за сохранение почв и возмещение затрат на восстановление утраченного плодородия почв по вине собственника за его счет; 3) трансформировать с.-х. угодья с доведением доли пашни до экологически безопасных норм.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

И.Н. Любимова

ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемия
lubimova@agro.geonet.ru

Рассматривая проблему мелиорации и рационального использования солонцовых территорий необходимо иметь в виду историю вовлечения этих земель в пашню и сложившуюся к настоящему времени специфику аграрного сектора России.

Солонцы и солонцеватые почвы занимают значительные территории и встречаются на всех континентах мира, их площадь более 600 млн. га. В России солонцами и солонцеватыми почвами занято 30.8 млн. га. Встречаются они в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной зонах. Более половины из них использовались в сельском хозяйстве. Среди российских регионов наибольшее количество солонцовых земель находится в Поволжье и Западной Сибири – 11.6 и 10.2 млн. га, соответственно.

Для территорий, где встречаются солонцы, характерен своеобразный комплексный почвенный покров, который представлен 2–3 членными комплексами солонцов с зональными, лугово-зональными почвами и сочетаниями с солодами и солончаками. Доля участия солонцов в почвенном покрове варьирует от нескольких до 80–90 %.

Большая часть солонцов отличается низким естественным плодородием. В целинном состоянии с них удается получить 5–50 т/га сена трав. В отдельные влажные годы на средних и глубоких солонцах урожаи зерновых и кормовых культур приближаются к урожаю на зональных почвах. До начала прошлого века территории занятые солонцами использовались как естественные пастбища и сенокосные угодья.

История мелиоративного освоения солонцовых территорий насчитывает более 100 лет. В 1877–1904 гг. Е. Гильгард проводил первые опыты по улучшению солонцов на Калифорнийской опытной станции. После появления теоретических трудов К.К. Гедройца у нас в стране и за рубежом развернулись исследования по разработке способов мелиорации солонцов. В 1929–32 гг. проводятся опыты на Украине по гипсованию солонцов на Чонгарском опорном пункте. В 1936 году заложены опыты по гипсованию солонцов Полтавской и Херсонской областях. Разворачиваются работы по изучению и мелиорации солонцов Поволжья, Зауралья и Западной Сибири. Начиная с шестидесятых и до конца девяностых годов, проводились широкомасштабные исследования по разработке, испытанию и оценке новых технологических приемов, эффективности различных мелиорантов на солонцовых землях. Были разработаны региональные рекомендации по мелиорации и использованию солонцов.

В бывших республиках СССР освоение солонцов проводилось на больших площадях и более быстрыми темпами, чем в других странах мира. К началу 90-х годов прошлого века значительная часть распаханых солонцовых территорий России была мелиорирована. Темпы мелиорации ежегодно возрастали. Так по данным МСХ СССР в РСФСР в период с 1966 по 1970 гг. было мелиорировано 214.4 тыс. га, с 1971 по 1975 гг. – 280.8 тыс. га, с 1980 по 1985 гг. – 1178.5 тыс. га, с 1986 по 1990 более 3000 тыс. га.

Мелиорация солонцов дорогое мероприятие, поэтому в странах Европы, где площади солонцов невелики, постепенно отказались от их широкомасштабной мелиорации.

Вовлечение значительных площадей солонцовых земель в сельскохозяйственное производство у нас в стране происходило по следующим причинам:

- 1) по продуктивности пашни мы отставали от развитых стран мира в 2–3 раза. Для производства необходимого количества сельхозпродукции приходилось вовлекать в пашню все новые и новые земли, в том числе малопродуктивные;
- 2) в некоторых районах нашей страны, в почвенном покрове данная группа почв преобладала,
- 3) государство финансировало проведение мелиоративных мероприятий,
- 4) мелиорация солонцовых земель во многом помогала решать проблему с обеспечением кормами животноводства и высвобождением более продуктивных земель под зерновые культуры.

После распада СССР, произошел развал крупных сельскохозяйственных предприятий (колхозы, совхозы, межхозяйственные предприятия) и образование многоукладной экономики с развитием частных сельскохозяйственных предприятий, фермерских и личных хозяйств. Реформирование аграрного сектора России не подкреплялось материально-техническим обеспечением, свободными кредитами, инвестиционными и бюджетными ресурсами. Одновременно произошел опережающий рост цен на продукцию промышленных отраслей, обеспечивающих аграрный сектор материально-техническими ресурсами, по сравнению с ростом цен на сельскохозяйственную продукцию. Все это привело во многих случаях к убыточности земледелия и невозможности ведения рентабельного производства продукции растениеводства и животноводства, и как следствие к устойчивой тенденции вывода из оборота пашни. Больше всего посевные площади сократились в районах, где было распахано большое количество малопродуктивных земель, использование которых в настоящее время экономически невыгодно. Это территории с мелкоконтурным почвенным покровом, удаленные от населенных пунктов, потенциально низкоплодородные или сильнодеградированные, расположенные главным образом в областях со значительным уменьшением численности сельского населения и с самым низким биоклиматическим потенциалом. Так посевная площадь в 2001 г. по сравнению с 1990 г. сократилась в Калмыкии почти в 2 раза, в Читинской области – более чем в 3.5, в Тыве – в 3.4 раза и мало изменилась на юге ЕТР и в Уральском регионе.

В настоящее время, перед специалистами, работающими в области сельского хозяйства, стоит сложная задача по оптимизации посевных площадей не только по количеству, но и по качеству земель. С этой точки зрения и должна рассматриваться проблема рационального использования ранее мелиорированных солонцовых земель в сельском хозяйстве.

Совершенно очевидно, что мы вряд ли вернемся к мелиорации солонцов в таких масштабах, как это было в 80-х годах прошлого века. Но использование солонцовых территорий в сельском хозяйстве все равно будет продолжаться. Особенно в районах с преобладанием этих почв в почвенном покрове. Площадей с таким почвенным покровом много в Поволжском и Западно-Сибирском регионах. Можно предположить, что интерес к возвращению мелиорированных солонцовых земель в сельскохозяйственное производство будет увеличиваться с восстановлением в регионах животноводства и с увеличением потребности в кормах.

Принятие решений о целесообразности использования ранее мелиорированных солонцовых земель или мелиорации новых площадей солонцов для производства сельскохозяйственной продукции будет определяться: 1) производственной необходимостью; 2) современным агроэкологическим состоянием почв по лимитирующим плодородие свойствам; 3) экономическими затратами на восстановление плодородия мелиорированных солонцов; 4) наличием трудовых ресурсов; 5) наличием в регионе химических мелиорантов и мелиоративных орудий.

При проведении комплексной оценки мелиорированных земель, необходимо не просто зафиксировать свойства почв, лимитирующие в настоящее время их плодородие, но и выявить, в каком направлении идет развитие мелиорированных солонцов. Имеет место развитие процессов засоления почв или идет их рассоление. Существует ли опасность реставрации солонцового процесса. Имеют ли место другие деградационные процессы. Материалы комплексного обследования почв с учетом направленности их современного развития должны лечь в основу расчета затрат на улучшение этих почв и определения возможности и характера их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного с-х оборота* // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 64 с.
2. *Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н.* Изменение солонцеватости почв Заволжья под влиянием химических мелиораций и орошения // Тр. Комиссии по ирригации. Изд-во АН СССР, 1936. Вып. 6. С. 67–136.
3. *Балябо Н.К., Гутина Б.С., Блинов М.И.* Окультуривание степных солонцов и солонцеватых почв путем применения мелиоративной трехъярусной вспашки // Вопросы мелиорации солонцов. М., Изд-во АН СССР, 1958. С. 302–338.
4. *Березин Л.В.* Мелиорация и использование солонцов Сибири // Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 208 с.

5. *Большаков А.Ф.* Опыт мелиорации солончаковых солонцов северо-западной части Прикаспийской низменности // Тр. Комплексной науч. экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. II. Вып. 3. С. 64–100.

6. *Виленский Д.Г.* Основные способы мелиорации засоленных почв по американским и венгерским данным // Солонцы Заволжья. Матер. изысканий, исслед. и проект. ирригации Заволжья. М.-Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. Вып. VII. С. 212–227.5.

7. *Ковда В.А.* О мелиорации солонцов Каспийской низменности методом плантажа // Проблемы совет. почвоведения, 1938. Сб.6. С. 23–34.

8. *Константинов М.Д.* Агробиологический метод мелиорации солонцов Южного Урала и Западной Сибири // Новосибирск, 2000. 360 с.

9. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваяева Н.А., Нефедова Т.Г., Денисенко Е.А.* // Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного с-х оборота: Матер. Всероссийской Науч. конф., 2008. С.45–72

10. *Мелиорация солонцов в СССР.* // М.: Изд-во АН СССР, 1953. 563 с

11. *Никитин С.И.* Мелиорация почв солонцового комплекса // Сталинград: Кн.-изд., 1960. 210 с.

12. *Новикова А.В.* История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины 1890–1996 гг. // Киев, 1999. 142 с.

13. *Оборин А.И.* О мелиорации и освоении солонцов в условиях неорошаемого земледелия черноземной зоны Западной Сибири // Вопросы мелиорации солонцов. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 239–278.

14. *Орловский Н.В.* Вопросы улучшения солонцов и солонцеватых почв Западной Сибири // Омск, 1937. 162 с.

15. *Сабольч И.* Процессы засоления и осолонцевания почв // Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. М.: Наука, 1980. С. 9–39.

16. *Семендяева Н.В.* Свойства солонцов Западной Сибири и теоретические основы химической мелиорации // Новосибирск, 2002, 157 с.

17. *Семендяева Н.В., Добротворская Н.И.* Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири //Новосибирск, 2005, 156 с.

18. *Солонцы Заволжья.* Матер. изысканий, исслед. и проект. ирригации Заволжья. М.-Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. Вып. VII. 261 с.

19. *Хитров Н.Б., Апарин Б.Ф., Карманов И.И., Булгаков Д.С., Молчанов Э.Н., Рожков В.А., Лойко П.Ф., Столбовой В.С.* Сокращение пахотных угодий и посевных площадей в России, агроэкологическая оценка их состояния и перспективы дальнейшего использования, задачи нормативно-правового и научного обеспечения рационального использования и охраны земель// Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного с-х оборота: Матер. Всероссийской Науч. конф. М.:ГНУ Почв. ин-т им.В.В.Докучаева РАСХН, 2008. С. 14–29

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ НА ЕРГЕНЯХ НА МЕЛИОРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОЛОНЦОВ

А.Ф. Новикова, М.В. Конюшкова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, mkon@inbox.ru

Столетний опыт лесоразведения в Калмыкии в период XIX – первая половина XX века в условиях сильно засушливого климата, широкого распространения засоленных почвообразующих пород и почв, представленных солонцовыми комплексами, был отрицательным (Высоцкий, 1915; Никитин, 1972). Небольшие участки древесной и кустарниковой растительности сохранялись лишь местах, получающих дополнительную увлажнение и характеризующихся опресненными почвами: в лощинах, балках и долинах рек.

Постановление Правительства СССР 1948 г. по разработке рациональных методов выращивания древесных насаждений на закладываемой государственной лесополосе Сталинград (Волгоград) – Элиста – Черкесск обусловило создание на территории Калмыкии Аршань-Зельменского

стационара Академии наук. В 1950 г. на стационаре Почвенным институтом им. В.В. Докучаева и Институтом леса АН СССР была заложена серия опытов по лесоразведению, в том числе и в богарных условиях на Ергенинской возвышенности.

Ергени представляют собой платообразную возвышенность (высота водоразделов от 120–160 м на севере до 220 м на юге), расчлененную на склонах балками и оврагами, с ярко выраженным микрорельефом. Преобладающие почвообразующие породы – лессовидные засоленные суглинки. В почвенном покрове преобладают солонцовые комплексы из светло-каштановых почв и авторфных солонцов. Климат отличается значительной сухостью: годовое количество осадков 280–300 мм, а испаряемость в 3–3.5 раза выше.

На территории опытного участка (200 га) были заложены четыре лесополосы шириной 60 м с межполосными расстояниями 300 м.

В целях улучшения влагообеспеченности лесных насаждений и мелиорации солонцов был разработан комплекс мероприятий, включающий глубокую (40–50 см) плантажную вспашку, парование, посев кулис, бороздование, ежегодную обработку почв между лесными насаждениями. Применение всего комплекса мероприятий обеспечило улучшение водного режима почв, вынос из корнеобитаемого слоя легкорастворимых солей. В течение 20 лет после закладки опыта легкорастворимые соли были вынесены за пределы 1 м, однако сохранялась химическая солонцеватость почв (Зайцев, 1961).

Наши исследования, проведенные более чем через 50 лет после закладки опыта, показали, что произошло дальнейшее изменение свойств почв. Полностью рассолонцевался пахотный слой (0–40(50) см). В средней части профиля мелиорированных солонцов отмечается повышенная щелочность. Под лесонасаждениями в мелких солонцах, в которых исходно соли залегали в количестве 1.2–1.7 % начиная с 20 см, легкорастворимые соли вынесены за пределы 100–120 см, а хлориды – глубже 120–150 см. Еще более существенные изменения произошли в глубоких солонцах, в которых соли исходно залегали на глубине более 100 см. Здесь хлориды были вынесены за пределы 200–290 см.

Лесные полосы оказали мелиоративное воздействие и на прилегающие пахотные почвы. Межполосные пространства с момента создания опытного участка использовались под пашню. Глубина вспашки составляет 20–25 см. Дополнительное увлажнение в зоне действия лесополос способствовало вымыванию легкорастворимых солей из солонцов до глубины 70 см, при этом в слое 30–70 см отмечается слабое содовое засоление. Содержание обменного натрия в пахотном слое уменьшилось (до 12–18 %). В солонцах, не испытывающих влияния лесополос, произошло незначительное уменьшение содержания легкорастворимых солей в 50-сантиметровом слое и практически не изменилось содержание обменного натрия.

Таким образом, установлено длительное последствие разработанных мелиоративных приемов на улучшение свойств солонцов под лесонасаждениями и на прилегающей пашне в условиях богарного освоения солонцовых комплексов в сухостепной зоне России.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00394).

УДК 631.58

ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

В.В. Окорков

ГНУ Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии,
г. Суздаль, adm@vnish.elcom.ru

В 1972 году за разработку почвозащитной системы земледелия в засушливых условиях страны группе ученых во главе с директором Всесоюзного НИИ зернового хозяйства академиком ВАСХНИЛ А.И. Бараевым была присуждена Ленинская премия. Она включала следующие основные элементы и звенья:

- зернопаровые севообороты (система организации землепользования и севооборотов);
- система обработки почвы на основе плоскорезной и рыхления на разную глубину с сохранением стерни, обеспечивающей защиту почвы от эрозии и быстрое накопление снега;

– система защиты растений, основанная на сочетании механических обработок с химическими и сроками посева;

– система удобрения с применением фосфорных удобрений (Р20 под культуру). Активно велось освоение солонцовых земель за счет механических (глубокое рыхление и вспашка), мелиоративных (плантажные, ярусные) обработок, вовлекающих в мелиоративный процесс кальциевые соли (гипс, карбонат кальция) самой почвы (самомелиорация), химической (внесение фосфогипса) и комплексной (сочетание мелиоративных обработок с внесением фосфогипса) мелиорации;

– технологии возделывания зерновых культур, базирующиеся на разработанном учеными и быстро внедренном комплексе сельскохозяйственных машин отечественного производства. В него входили плоскорезные орудия основной обработки, игольчатые бороны для закрытия влаги, культиваторы-плоскорезы для предпосевной обработки, стерневые сеялки-культиваторы, обеспечивающие гарантированные всходы зерновых культур в любой год и надежную защиту от ветровой эрозии в период их отсутствия, снегопахи для проведения снегозадержания. При этом приеме происходило промачивание почвы до метровой глубины и ниже, что обеспечивало глубоко проникающей корневой системой адаптированных сортов использование накопленной влаги в период регулярно наблюдаемой июньской засухи;

– система семеноводства, которая базировалась на использовании выведенных селекционерами ВНИИЗХ сортов яровой пшеницы и серых хлебов.

Исследования ВНИИЗХ также показали, что разработанная технология возделывания зерновых в условиях сухой степи без развития вторичной корневой системы (при июньско-июльской засухе) обеспечивала получение до 15–16 ц/га зерна яровой пшеницы высокого качества.

После 1972 года усилия ученых ВНИИЗХ были направлены на широкое внедрение в производство разработанной системы земледелия (до 55 млн. га), дальнейшее ее совершенствование и разработку широкозахватной, энергосберегающей системы машин отечественного производства, в т.ч. и для освоения солонцовых земель. Их освоение показало, что резкое повышение продуктивности солонцовых почв наблюдалось при снижении в почвенном поглощающем комплексе пахотного слоя содержания обменного натрия и степени засоления почвы до глубины 70–80 см и ниже до безвредных величин. В этом случае корни возделываемых культур могли использовать влагу из рассоленной части почвенного профиля, что и позволяло им, как и на зональных незасоленных почвах, обеспечивать достаточно высокую продуктивность (до 25–30 ц/га зерна ячменя).

И в таежно-лесной зоне проявления засухи в отдельные периоды вегетации весьма характерны. Они могут усиливаться негативными физико-химическими свойствами кислых дерново-подзолистых почв. Площадь пахотных почв с избыточной кислотностью в Центральном округе России составляет около 11 млн. га или 53 % от общего количества пашни. Луга и пастбища также имеют кислые почвы: 1.9 млн. га при 53 % обследованных угодий.

Наибольший вред растениям при кислой реакции почв оказывает обменный алюминий, находящийся не только в пахотном слое, но и в подпахотных горизонтах. При содержании обменного алюминия выше 4–5 мг/100 г почвы он оказывает токсическое влияние на корневые системы, препятствуя их развитию в этих слоях. В засушливых условиях, когда верхний пахотный слой пересыхает, проникновению корней в более глубокие влажные слои мешает именно эта высокая концентрация алюминия. Это резко снижает размеры использования влаги глубоких слоев почвы и урожайность возделываемых культур. В отдельные годы, как это было в 2010 году, урожайность зерна яровых зерновых культур на таких почвах снижалась до нескольких центнеров с 1 га.

Учитывая огромное деструктивное влияние подвижного А1 на почву, почвенную биоту, культурные растения, а также на животных и человека (алюминиевая болезнь, склероз при накоплении А1 в мозге), рекомендуется включить этот показатель в качестве индикатора зон экологического состояния почвенного покрова, пользуясь следующими параметрами его содержания (Юлушев, 2005; табл. 1).

Малой мощностью корнеобитаемого слоя для основных культур объясняется низкая окупаемость минеральных удобрений прибавкой их урожая в Нечерноземной зоне РФ. Так, например, окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерновыми культурами в этой зоне составила в 1976–1980 гг. 3 кг зерновых единиц (з.е., 78 % к норме), в 1981–1985 гг. – 2.5 кг з.е. (65 %), в 1986 – 3.0 (88 %), в 1987 – 3.4 (85 %), в 1988 – 2.5 з.е. (63 %). Для более требовательных к условиям плодородия культур (картофеля и овощных) окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой (в % от нормы) варьировала:

для картофеля от 44 до 62, для овощных – от 30 до 40 (Фосфоритование почв Нечерноземной зоны. Рекомендации. М.: ВО Агропромиздат», 1989 – 56 с.).

Основной путь стабилизации урожая культур различных севооборотов и повышения окупаемости удобрений на дерново-подзолистых почвах, особенно с высоким содержанием обменного алюминия в подпахотных горизонтах, – известкование. Оно позволяет увеличивать мощность корнеобитаемого слоя этих почв, повышает размеры использования влаги из глубоких слоев почвы, а применяемые удобрения способствуют более рациональному ее расходованию. В то же время объемы известкования в настоящее время по сравнению с 1990 годом снизились в десятки раз, и не наблюдается положительной тенденции их изменения.

Таблица 1 Оценка экологического состояния почв по содержанию подвижного алюминия, мг/100 г почвы (Юлушев, 2005).

Показатели	Экологические зоны			
	нормы	риска	кризиса	бедствия
Апах	<1	1–4	4–8	>8
Подгумусные горизонты	<1	>8	>8	>8

В зонах экологического кризиса и бедствия мелиорация должна выполняться при поддержке федеральных властей. Здесь нужна дифференциация налоговых, арендных плат и другие меры поддержки земледельца.

При взаимодействии известки с поглощающим комплексом кислых почв протекают следующие химические реакции:

- растворение CaCO_3 : $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$;
- щелочной гидролиз CO_3^{2-} : $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$;

– связывание ионами гидроксила ионов водорода и алюминия обменной и гидролитической почвенной кислотности с образованием малодиссоциированного (H_2O) и малорастворимого $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ соединений. Половина образовавшихся ионов кальция входит в обменное состояние взамен связанных ионов H^+ и алюминия ионами гидроксила. В жидкой фазе накапливается бикарбонат кальция. В слое внесения гидролиз карбонат-ионов протекает преимущественно по первой ступени.

Передвигающиеся вниз по профилю почвы бикарбонаты кальция связывают в подпахотных горизонтах подвижный алюминий с образованием менее токсичных отрицательно заряженных коллоидов карбоната алюминия и гидроксидов А1. После связывания токсичных соединений А1 в подпахотных горизонтах корневые системы возделываемых культур уже способны активно развиваться в них, используя влагу, т.е. увеличивается мощность корнеобитаемого слоя для растений. В результате этого резко повышается эффективность комплекса технологических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур, и, в первую очередь, применения минеральных удобрений, внедрения новых высокоурожайных сортов. Поэтому известкование кислых почв, особенно со значительным содержанием подвижного А1, является первым и необходимым мероприятием при разработке системы удобрения в севообороте.

Примером почв с благоприятными свойствами подпахотных горизонтов в Нечерноземной зоне являются серые лесные почвы ополей. Так, на почвах Владимирского ополя с отсутствием обменного алюминия в подпахотных горизонтах общие размеры использования влаги из метрового слоя почвы слабо зависели от систем удобрения. В зависимости от погодных условий вегетационного периода возделываемые культуры 8-польного севооборота из слоя почвы 40–100 см потребляли до 70 мм влаги, а в острозасушливом 2010 году, когда с 3-й декады июня по 3-ю декаду августа не наблюдали выпадения дождей, – до 98 мм. Наиболее эффективно (с наименьшим коэффициентом водопотребления) она использовалась при системах удобрения с применением лимитирующих урожай культур элементов питания. В удобренных вариантах коэффициент водопотребления был в 1.3–1.5 раза ниже, чем в вариантах без их применения.

Многолетние исследования показали, что стабилизировать плодородие почв и обеспечить высокую окупаемость удобрений возможно лишь на основе органо-минеральных систем удобрения, запахивания соломы зерновых культур. Так на серых лесных почвах Владимирского ополя в 8-польном зернотравянопропашном севообороте это достигается лишь при применении 5–8 т/га навоза КРС и $\text{N}_{30-40}\text{P}_{30-45}\text{K}_{35-40}$ на 1 га севооборотной площади.

Важнейшим направлением повышения устойчивости зернового хозяйства к неблагоприятным природно-климатическим условиям – создание сортов, адаптированных к местным условиям, характеризующихся высокими потенциалом урожайности, устойчивостью к засухе, болезням и полеганию с зерном высокого качества. Во Владимирском НИИСХ выведены сорта озимой пшеницы, которые сочетают указанные свойства с особой устойчивостью к морозам (сорт Поэма). В институте ведется эффективная работа по созданию новых сортов яровой тритикале. Это новая для Центра Нечерноземной зоны РФ культура, конкурирующая по продуктивности с яровой пшеницей и ячменем, улучшающая экологическое состояние почв за счет снижения применения пестицидов. Выведенные сорта яровой тритикале представлены экотипами, различающимися по требованиям к условиям окружающей среды, устойчивы к полеганию и прорастанию на корню. Набор сортов яровой тритикале позволяет внедрять ее на всех типах почв зоны и охватить сортовым ассортиментом все имеющиеся технологии от самых простых до высокоинтенсивных. За 2006–2010 гг. во Владимирском НИИСХ выведено 15 сортов зерновых культур: яровой тритикале, озимой пшеницы и ржи, яровой пшеницы.

Во Владимирском НИИСХ ведутся исследования по обоснованию систем обработки серых лесных, их почвенных разностей. Установлено, что в зависимости от погодных условий в отдельные годы наблюдали достоверное преимущество той или иной системы обработки на урожай отдельных культур. Более значимо повышался урожай зерновых культур при комбинированно ярусной и почвозащитной системах обработки по сравнению с традиционной и энергосберегающей. Для выбора той или иной системы обработки необходимо экономическое обоснование.

УДК: 631.4.4

СОСТАВ И СВОЙСТВА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ПРИ ЛИМАННОМ ОРОШЕНИИ

С.Ж. Рахимгалиева¹, И.Н. Донских², Фарахат Елсайед Ибрагим Могханм³, Т.В. Родичева²

¹Западно-Казахстанский агротехнический университет, г. Орал, Казахстан

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

³Университет Каффа Аль-Ших, Египет

Лиманное орошение в условиях Прикаспийской низменности является наиболее простым способом увлажнения почв и позволяет хозяйствам получать самые дешевые корма. Поскольку лиманное орошение в Прикаспийской низменности связано с подъемом грунтовых вод, а также с изменением состава и свойств почв, подверженных затоплению, то назрела необходимость изучения состава и свойств представительного компонента почвенных комплексов – светло-каштановых, каштановых и лугово-каштановых почв.

Для изучения почв мы выбрали три лимана, в которые подводится по каналам вода из реки Урал. На территории лимана «Котельниковский» Тайпатского района площадью 419 га, сформировались почвенные комплексы из светло-каштановых несолонцеватых и светло-каштановых средне-солонцеватых почв (15 % площади). Территория данного лимана расположена в северной части Прикаспийской низменности в зоне резко засушливых пустынных степей. Гидротермический коэффициент равен 0.5–0.6. Сумма положительных температур равна 3000–3200°C. Годовая сумма осадков составляет 175–225 мм, а за период с температурой выше 10°C – около 100–120 мм.

Рельеф представлен слабоволнистой равниной с выраженным микрорельефом в виде суловин.

Почвообразующими породами на участке являются средние и тяжелые лессовидные суглинки от слабой до средней степени засоления. В составе солей преобладают хлориды натрия и магния. На данном лимане были заложены разрезы 1 и 2, представляющие светло-каштановые почвы.

Каштановые и лугово-каштановые почвы изучались в лиманах Алгабас и Бударино. Лиман Алгабас находится вблизи поселка Алгабас Акжайского района. На территории этого лимана заложены разрез 3, представляющий каштановую почву и разрез 5 – лугово-каштановую почву. В Акжайском районе функционирует также лиман Бударино (разрез 4), представляющий каштановую почву. Эти два лимана находятся севернее лимана «Котельниковский» на 40–60 км. Лиманы представляют обвалованные участки, которые весной заливаются водой слоем 15–20 см. Продолжи-

тельность стояния воды 15–20 дней. Используются лиманы под сенокос для заготовки сена. Продуктивность трав в этих лиманах достаточно высокая – 3–5 т/га сена.

Светло-каштановые почвы. Характеризуются типичным для этих почв морфологическим строением профиля. По гранулометрическому составу они являются среднесуглинистыми. Основными гранулометрическими фракциями являются: мелко-песчаная, крупно-пылеватая и илистая. Эти почвы характеризуются повышенным содержанием ила – 22–40 %. Верхние горизонты данных почв обеднены илистыми частицами, в то время как в нижележащих горизонтах количество ила возрастает. Основными процессами, вызывающими такое распределение ила, являются лессиваж и оглинивание.

Среди микроагрегатов преобладают фракции 0.25–0.05 и 0.05–0.01 мм, в сумме они составляют 70–92 %. Количество микроагрегатов <0.01 мм изменяется по профилю от 8 до 30 %, доля микроагрегатов <0.001 мм составляет 4.0–8.5 %.

В орошаемых светло-каштановых почвах верхние горизонты характеризуются повышенными показателями фактора дисперсности по Н.А. Качинскому (12.2–49.2 %), и, следовательно, более низкой способностью к структурообразованию. Значительная часть илистых частиц не расходовалась на цементацию микроагрегатов размерностью > 0.01 мм.

Светло-каштановые почвы характеризуются слабой засоленностью и отсутствием ее. По левому составу эти почвы являются хлоридно-магниевыми-натриевыми. Содержание гумуса в профиле данных почв в слое 0–50 см изменяется от 1.1 до 1.98 %. По запасам гумуса исследуемые почвы относятся к группе почв с низким содержанием гумуса – 112–120 т/га в слое 0–100 см.

Исследуемые почвы характеризуются слабощелочной реакцией – pH_{H_2O} 7.52–8.34. Емкость катионного обмена (ЕКО) изменяется по профилям почв от 23 до 26 м-экв/100 г. Содержание обменного катиона Ca^{2+} колеблется в пределах 13.7–16.0 м-экв/100 г, а Mg^{2+} 7–16 м-экв/100 г. Обменный катион Na^+ содержится по всему профилю, но количество его низкое – 1.08–1.26 м-экв/100 г, а калия еще ниже – 0.30–0.88 м-экв/100 г. Доля Ca^{2+} в составе обменных катионов изменяется по горизонтам почвенных профилей от 35.2 до 71.2 %. В отдельных горизонтах относительное количество катиона Mg^{2+} достигает 60–65 %. Доля обменного катиона Na^+ по большинству горизонтов не выходит за пределы 5 %.

Изучаемые светло-каштановые почвы характеризуются оптимальными запасами азота (8–15 т/га в метровом слое), а также высокой степенью подвижности азотистых соединений, достигающих 12–16 %. Данные почвы характеризуются высоким содержанием фосфора как в горизонте A_1 – 0.271–0.360 %, так и в горизонтах B_1 и B_2 – 0.192–0.236 %, обеспечивая запасы этого элемента в слое 0–20 см – 8.6 т/га, а в корнеобитаемом (0–50 см) слое до 20 т/га. Содержание подвижных соединений этого элемента характеризуется как низкое и среднее. Содержание калия в светло-каштановых почвах колеблется в пределах 1.48–2.2 %. Исследуемые почвы характеризуются высокой степенью обеспеченности подвижными соединениями этого элемента – 27–53 мг на 100 г в верхних горизонтах. Основная масса их аккумулируется в слое 0–50 см – 1.7–2.06 т/га.

Светло-каштановые почвы характеризуются достаточно высоким содержанием железа в слое 0–100 см. Количество его изменяется от 1.84 до 3.46 %. При лиманном орошении данные почвы имеют хотя и высокие (9–14 мг/100 г), но нетоксичное содержание подвижных соединений железа. Обеспеченность светло-каштановых почв марганцем изменяется от 200 до 585 мг/кг в пределах верхней метровой толщи. Отчетливо проявляется биологическая аккумуляция подвижных соединений этого элемента. Данные почвы имеют высокое содержание цинка в пределах обоих изучаемых профилей – 114–326 мг/кг. Количество подвижных соединений Zn также повышенное – 2.3–3.7 мг/кг. Валовое содержание меди высокое – 24–63 мг/кг. Степень обеспеченности подвижными соединениями меди повышенная – 4.9–6.3 мг/кг.

Каштановые и лугово-каштановые почвы. Каштановые и лугово-каштановые почвы лиманов сохранили свой морфологический профиль. В то же время появились признаки глееватости. По гранулометрическому составу каштановые и лугово-каштановые почвы являются тяжелосуглинистыми. Определяющими гранулометрическими фракциями являются песчаная, крупно-пылеватая и илистая. При этом распределение их в пределах профиля неравномерное, вызванное характером отложений. Каштановые почвы лимана «Бударино» имеют двучленное строение, суглинистые отложения, подстилаются с глубины 1.0–1.4 м песками. Во всех исследуемых почвах отчетливо проявляется элювиально-иллювиальное распределение ила. В каштановых почвах наблюдаются процессы оглинивания, в то время как в лугово-каштановых почвах они не выражены.

Преобладающими фракциями микроагрегатов в исследуемых почвах являются две фракции: 0.25–0.05 и 0.05–0.01 мм – 62–87 %. Суммарное содержание микроагрегатов <0.01 мм наибольшим было в верхних горизонтах – 21–28 %, вниз по профилям количество их снижено до 8.5–11.0 %. Микроагрегаты <0.001 мм составляют 5.0–13.9 %. Отличительной особенностью микроагрегатного состава лугово-каштановой почвы является высокое содержание фракций <0.01 мм – 34–38 %. Показатели «фактора дисперсности» в каштановых почвах колеблются по горизонтам от 9.7 до 49.0 %. В лугово-каштановой почве К_g изменяется по профилю от 20.0 до 33.0 %. В каштановых почвах значительная часть ила не расходуется на цементацию более крупных (0.25–0.05 и 0.05–0.01 мм) агрегатов. В лугово-каштановой почве количество ила, не израсходованного на образование микроагрегатов, наиболее высокое – 12.7–37.1 %.

Во всех исследуемых почвах величины сухого остатка очень низкие – 0.007–0.097 %. В составе солей основными анионами являются HCO₃⁻, Cl⁻. В каштановых почвах присутствует анион CO₃²⁻. Среди катионов преобладает Na⁺, другие катионы – Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺ находятся в крайне малых количествах. В лугово-каштановой почве основная масса солей аккумулируется в слое 18–69 см. В каштановых почвах верхний (0–40 см) слой выщелочен от карбонатов, максимальная аккумуляция карбонатов начинается с глубины 40 см и охватывает всю или почти всю оставшуюся толщу почвенного профиля. В лугово-каштановой почве выщелоченный от карбонатов горизонт имеет мощность 69 см. В карбонатном горизонте 0.69–1.6 м содержание карбонатов достигает 18.6 %.

Содержание гумуса в каштановых почвах повышенное (до 2.96–3.38 %) в горизонте A₁ и снижено в переходных горизонтах до 0.94–1.41 %. В лугово-каштановой почве количество гумуса равно в горизонте A₁ 3.38 %, в горизонте B₁ оно снижено до 1.41 %. Запасы гумуса в каштановых и лугово-каштановых почвах более высокие (71–81 т/га в слое 0–20 см и 181–270 т/га в слое 0–100 см), чем в светло-каштановых. Содержание азота в каштановых почвах наиболее высокое в верхних гумусовых горизонтах – 0.196 %, достаточно высоким оно было и в горизонте B₁ – 0.154–0.168 %. Лугово-каштановая почва характеризуется наиболее высоким содержанием азота – 0.31–0.58 %. Такое высокое содержание N объясняется очень высокой биологической активностью этой почвы. В каштановых почвах степень обеспеченности подвижными соединениями N (112–154 мг/кг) меньше, чем в светло-каштановых почвах. В лугово-каштановой почве в верхних горизонтах содержание подвижных соединений N уменьшено до 84–126 мг/кг.

Каштановые почвы имеют слабощелочную реакцию – рН_{H2O} 7.48–8.69. В лугово-каштановой почве верхний гумусовый горизонт характеризуется нейтральной, а более глубокие горизонты – слабощелочной реакцией (рН 7.21–8.13). В верхних горизонтах каштановых почв ЕКО колеблется в пределах 24–31 м-экв/100 г, в лугово-каштановой почве ЕКО изменяется от 27 до 33 м-экв/100 г. В каштановых почвах максимальное накопление Ca²⁺ происходит в верхних горизонтах (16.4–18.8 м-экв/100 г), вниз по профилю количество этого катиона уменьшается, а увеличивается содержание Mg²⁺. Максимальная доля Ca²⁺ – 58–75 % – приурочена к верхним горизонтам, а Mg²⁺ равняется 11.2–33.4 %. Доля обменного катиона Na⁺ в каштановых почвах низкая – 3.2–5.5 %, также низка и доля K⁺.

Каштановые почвы в отличие от светло-каштановых характеризуются меньшим содержанием валового фосфора в верхних горизонтах – 0.128–0.200 %, с глубиной оно уменьшается до 0.087–0.108 %. В лугово-каштановой почве содержание фосфора менее изменчиво – 0.132–0.165 %, при этом верхние горизонты менее обеспечены фосфором, чем нижние. Содержание подвижных соединений P в гумусовых горизонтах каштановых почв высокое – 61–96 мг/кг, в более глубоких горизонтах оно снижается до 44–70 мг/кг. В лугово-каштановой почве степень обеспеченности подвижными соединениями P более низкая – 53 мг/кг.

Валовое содержание калия в гумусовом горизонте (A+B₁) каштановых почв изменяется от 1.7 до 2.58 %. В нижележащих горизонтах содержание K может быть как более низким (1.34–0.82 %), так и более высоким (3.47 %). В лугово-каштановой почве валовое содержание K подвержено меньшим колебаниям – 2.16–1.98 %. Содержание подвижных соединений K в верхних гумусовых горизонтах каштановых почв высокое – 45–65 мг/100 г, в нижележащих горизонтах количество его снижено до 37–22 мг/100 г. В лугово-каштановой почве, наоборот, верхние горизонты обеднены подвижными соединениями калия.

В профиле распределении железа, в исследуемых почвах наблюдается отчетливое элювирующее распределение соединений Fe из верхнего горизонта A и иллювиальное накопление в горизонте B₁. Верхние горизонты каштановых почв характеризуются высоким содержанием подвижных соеди-

нений Fe – 176–564 мг/кг, в более глубоких горизонтах этих почв количество этой группы соединений Fe снижается до 70–143 мг/кг. В лугово-каштановой почве содержание подвижных соединений Fe в горизонте А достигает 670 мг/кг, в нижних горизонтах оно снижается, но остается достаточно высоким – 216–188 мг/кг.

Содержание Mn в гумусовых горизонтах каштановых почв высокое – 457–718 мг/кг. В лугово-каштановой почве самое низкое содержание Mn – 157 мг/кг – в горизонте А, в горизонте В₁ количество его еще ниже – 111 мг/кг, а в горизонтах В₂ и ВС возрастает до 201–222 мг/кг. Отличительной особенностью исследуемых каштановых и лугово-каштановых почв является высокая как абсолютная, так и относительная обеспеченность подвижными соединениями Mn.

Валовое содержание Zn в гумусовых горизонтах каштановых почв высокое – 122–193 мг/кг, в более глубоких слоях оно снижается до 90–112 мг/кг. В лугово-каштановой почве, наоборот, гумусовый горизонт обеднен соединениями Zn – 111 мг/кг, а в нижележащих горизонтах содержание этого элемента возрастает от 145 до 198 мг/кг. Содержание подвижных соединений Zn в почвах характеризуется низкими показателями – 2.62–5.2 мг/кг. Валовое содержание меди в каштановых почвах различается существенно – от 10 до 84 мг/кг. В одних каштановых почвах наблюдается биологическая аккумуляция Cu в верхних горизонтах, в других, наоборот, происходит аккумуляция этого элемента в более глубоких горизонтах профиля. В лугово-каштановых почвах распределение соединений Cu более равномерное в пределах профиля – 43–46 мг/кг. Каштановые почвы характеризуются более высоким содержанием условно доступных соединений меди – 5.8–7.9 мг/кг, чем лугово-каштановые почвы – 4.21–4.38 мг/кг.

УДК 631.152.3

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДКАВКАЗСКИХ ЧЕРНОЗЕМАХ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

С.Ю. Розов, Н.Д. Кутузова, Г.С. Куст

Факультет почвоведения и Институт экологического почвоведения МГУ, Москва, gst@yandex.ru

Установлено, что, в почвенном покрове правобережья среднего течения р.Кубань пространственное распределение почвенных свойств, имеющих важное значение для выращивания сельхозкультур, не совпадает как с почвенными контурами, выделенными методами традиционного картографирования, так и во многом между собой. Исследованные сельскохозяйственные поля неоднородны по целому ряду почвенных свойств: наличие и мощность уплотненного (слитого) горизонта, влажность, плотность, pH, содержание гумуса и основных элементов минерального питания растений.

При оценке пригодности почв под посевы сои в зерно-пропашном севообороте на площади около 50000 га установлено следующее:

1. Изучение пространственной неоднородности и динамики почвенных и агрохимических свойств черноземов показало, что главными факторами, определяющими урожайность культуры сои, являются условия увлажнения и наличие внутрипочвенных агроуплотненных слитых горизонтов Ar_d.

2. Сезонная изменчивость и пространственная неоднородность исследованных почвенных условий оказывают влияние на величину итоговой фактической урожайности не прямо, а через отдельные параметры урожайности (число растений, вес зерен, количество зерен, плотность и размер зерен), которые в ряде случаев проявляют компенсаторные или синергетические свойства.

3. По устойчивому сочетанию исследованных почвенных условий и характеру их динамики выделены 5 основных групп земель с разным потенциалом в отношении урожайности сои, разной степенью и динамикой развития корневой системы, вегетативных и генеративных органов:

А. Участки дренируемых водоразделов и верхних частей склонов с фрагментарным или маломощным Ar_d. Высокая потенциальная урожайность в удовлетворительные по увлажнению годы. Низкая урожайность в засушливые годы.

Б. Участки дренируемых склонов, реже водоразделов с мощным Ar_d. Средняя потенциальная урожайность в удовлетворительные по увлажнению годы. Низкая урожайность в засушливые годы.

В. Участки дренируемых ложбин с выраженным Ард. Средняя потенциальная урожайность вне зависимости от интенсивности атмосферного увлажнения.

Г. Участки плоходренируемых понижений (днищ пологих ложбин, степных блюдец) с мощным выраженным Ард. Низкая потенциальная урожайность во влажные годы (риск отставания в развитии при длительном поддержании корнеобитаемой толщи в переувлажненном состоянии). Относительно высокая потенциальная урожайность в засушливые годы.

Д. Переувлажненные участки со слабовыраженным или фрагментарным Ард. Высокая потенциальная урожайность в засушливые годы. Средняя урожайность – во влажные годы.

С учетом выделенных групп разработана балльная оценка пригодности полей для производства сои. Составлена ГИС, учитывающая особенности разных по увлажнению лет и качество почв.

Сделан вывод о том, что оптимизация структуры посевных площадей под посевы сои путём выбора полей с учетом почвенно-экологических условий может позволить значительно поднять итоговые урожаи сои без проведения дополнительных агротехнических и агрохимических мероприятий.

УДК 631.10

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ СТЕПНЫХ КРИАРИДНЫХ ПОЧВ ТУВЫ

А.Д. Самбуу, А.Н. Куулар, А.Б. Дапылдай, Н.Г. Хомушку

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,

Тывинский государственный университет, sambuu@mail.ru

Основные закономерности в распределении современного почвенного покрова котловин Тувы обусловлены: а) широтной зональностью, определяющейся распределением солнечного тепла на земной поверхности; б) высотной поясностью, вызванной наличием горных хребтов и различными абсолютными высотами, географической ориентацией горных хребтов и экспозиций склонов; в) явлениями интразональной категории, определяющимися геоморфологическими и геологическими условиями, особенностями растительного покрова; г) историческим прошлым в развитии и в формировании почв; д) антропогенными факторами, связанными с воздействием человека и его разнообразной деятельностью на естественный почвенный покров (Носин, 1963).

Специфика местных почв обратила на себя внимание уже первых исследователей почвенного покрова этой территории: Б.Ф. Петрова и К.А. Уфимцеву (1941), М.В. Кириллова (1953а; 1954) и др. Первые материалы по изучению географии почв как основы сельскохозяйственного районирования Тувинской А.О. и выявления ее почвенных ресурсов были обобщены Б.Ф. Петровым в книге «К характеристике почвенного покрова Тувинской А.О.» (1952). Впервые схему почвенного районирования Тувинской АССР разработал В.А. Носин, в которой впервые были учтены региональные особенности почвенного покрова.

Почвы каштанового типа являются преобладающими в сухих степях котловин Тувы, которые образуют основной фон почвенного покрова на всех относительно низко расположенных (700–1200 м над ур. м.) территориях – на обширных древних террасах главных рек, в межгорных котловинах, на подгорных шлейфах. Отсутствие комплексности в почвенном покрове является фациальной особенностью зоны каштановых почв. Почвообразующие породы преимущественно двучленного литологического профиля с маломощным верхним мелкоземистым горизонтом, в котором преобладают фракции среднего, мелкого песка и крупной пыли и многометровой подстилающей сильнокаменистой толщей, в котором количество скелета нередко достигает 70–80 %.

Физико-химические свойства почв исследованных степных экосистем Тувы определяются в основном литологией почвообразующих пород и их положением в рельефе. Подстилающие породы района исследований – элювиально-делювиальные и аллювиальные отложения, представленные гравелистыми или глинистыми песками некарбонатными и незасоленными.

Наряду с особенностями свойств почвообразующих отложений, в почвообразовании котловин большое значение имеет рельеф территории. С особенностями строения и функционирования конкретного рельефа связаны степень увлажнения и характер выветривания, а следовательно, и распределение растительности и почв. Различия почв участков по гранулометрическому составу обусловили их различия в водно-физических свойствах, особенно в их способности накапливать и сохранять почвенную влагу. Различия гидрологического состояния почв участков сохраняются

практически на протяжении всего периода вегетации растений. В результате общее накопление растительного вещества на этих участках различается более чем в 1.2 раза.

Мы изучали также особенности накопления фитомассы и поступления растительных остатков в почву на разных экспериментальных участках. Установлено, что в среднем за сезон на участках в почву поступает от 7.5 до 11.5 г/га растительных остатков. Не касаясь процессов минерализации растительных остатков отметим, что почвы этих участков существенно различаются по содержанию гумуса. Аккумулятивно-гумусовые горизонты почв исследуемых участков содержат от 0.8–1.1 до 1.1–1.4 % гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР. 1963. 342 с.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ)

О.А. Сорокина, Н.Д. Сорокин, Ч.И. Куулар

Красноярский государственный аграрный университет, nikos@akadem.ru

Важнейшее экологическое значение в степной зоне р. Хакасия имеет создание устойчивых долгодетных защитных лесных насаждений, выполняющих водоохранную, почвозащитную, санитарно-гигиеническую и эстетическую функции. Такие экспериментальные посадки были созданы в 1978–79 гг. по специальной технологии в прибрежной зоне лечебного оз. Шира, расположенного в зоне очень интенсивной рекреационной нагрузки. Степные экосистемы данного региона очень неустойчивы и ранимы. Интродукция древесных пород здесь ограничивается многими лимитирующими факторами – дефицитом почвенной влаги, повышенной концентрацией легкорастворимых солей, недостатком питательных веществ, слабой биологической активностью (Почвенные условия..., 1975). Поэтому корневые окончания сеянцев древесных пород, выращенных в Туимском и Ширинском лесопитомниках, предварительно обрабатывали стимуляторами роста микоризы (Сорокин, 1998). В настоящее время это лесные насаждения лиственницы, вяза, сосны и совместные вяза с лиственницей в возрасте 30 лет. Здесь на базе Ширинского опытно-экспериментального пункта Красноярского научного центра СО РАН проводятся комплексные работы. Изучаются выживаемость, устойчивость интродуцированных древесных пород, а также проводится оценка лесорастительных свойств почв и трансформации их плодородия под воздействием искусственных лесных посадок.

Почвенный покров прибрежной зоны оз. Шира представлен комплексами каштановых почв, черноземов южных и обыкновенных маломощных щелочистых супесчаных или легкосуглинистых. Они содержат около 5 % гумуса, имеют слабощелочную реакцию, довольно высокую сумму обменных оснований (около 30 м-моль/100 г почвы), достаточное количество валовых азота (0.42 %), фосфора (0.14 %) и калия (0.88 %).

В 2008–2009 гг. изучили режим влажности, аммонийного азота, реакцию (рН водн) и биологическую активность почв в слоях 0–10 и 10–20 см под искусственными посадками указанных древесных пород. Для сравнения взяли рядом расположенные участки старой залежи (условно – целины).

В 2008 г. влажность почвы под всеми объектами исследования была существенно ниже влажности завядания и составляла в середине вегетационного периода 6–7 %. Очень низкое содержание влаги в почвах летом этого года связано с отсутствием осадков, иссушающим воздействием ветров, очень частых в данной зоне, и расходами на эвапотранспирацию. Легкий гранулометрический состав почв приводит к быстрой потере влаги через физическое испарение. В условиях более влажного вегетационного периода 2009 года влажность почвы была существенно выше. Она составляла под искусственными лесными посадками от 16.6 % до 21.1 %, а на целинных участках от 26.2 % до 30.3 %. Расходы влаги на транспирацию древесными растениями были велики, поэтому содержание влаги в почвах под лесом на 10–12 % ниже, чем под полынно-злаковой растительностью старых залежей. В июльский срок отбора образцов эта закономерность не проявилась. На целине и под лесом содержание влаги в почве было почти одинаковым. Под лиственными (вяз) и

хвойно-лиственными (вяз+лиственница) насаждениями почва оказалась влажнее, чем под хвойными (сосна, лиственница). Августовские осадки увеличили содержание влаги в почве, особенно заметно на целине (до 24–32 %). В этот срок под хвойными породами почва была суше, за счет более выраженного десуктивного расхода по сравнению с лиственными породами или с участием лиственных пород в древостоях. Так, 22 августа в посадках вяза содержание влаги составляло в слоях 0–10 см и 10–20 см соответственно 19.1 % и 14.5 %, в то же время в посадках лиственницы 10.6 и 8.2 %, а под сосной 17.2 и 11.8 %.

Таким образом, хвойные породы за счет большой суммарной листовой поверхности и неглубоко идущей корневой системы на щебнистых почвах района исследований вызывают иссушающее воздействие на почву. Кроны всех древесных пород задерживают часть осадков, и влага не поступает на поверхность почвы. У травянистых растений целинных участков транспирационные коэффициенты существенно ниже, а физическое испарение с задернованной поверхности почвы невысокое, что приводит к увеличению влажности. Наибольшее влияние на изменение реакции почвы проявилось от середины июля к концу августа 2009 г. за счет поступления свежего органического вещества опада и разложения отмирающей массы корней древесных и травянистых растений. Максимальное подкисляющее воздействие на почву оказали искусственные посадки сосны (рНводн. 6.0–6.4) против 6.9–7.1 под посадками вяза и 6.7–7.2 на целинных участках. Не установлено четкой закономерности снижения величины рН в почве под лиственными породами (вяз), хвойными (лиственница) и смешанными посадками (вяз+лиственница) по сравнению с целиной.

В почвах под искусственными лесными посадками преобладает аммонийная форма азота. Ограничивающими факторами нитрификации являются частое иссушение и высокие температуры почвы, небольшие запасы органического вещества. Обеспеченность почвы аммонийным азотом в разные сроки определения колеблется от низкой (6.8–8.0 мг/кг почвы) до повышенной (12.4–14.4 мг/кг почвы). Минимальное его количество в почвах всех объектов отмечено в середине июня 2009 г. за счет интенсивного использования азота активно развивающейся древесной и травянистой растительностью. Под древесными насаждениями содержание поглощенного аммония, как правило, ниже (7.0–9.6 мг/кг почвы), чем на целине (9.8–12.4 мг/кг почвы), за счет более интенсивного использования азота вегетирующей массой древостоев.

Очевидно, что мощным фактором воздействия на микрофлору почв под лесом является фитоценоз, ведущая роль в котором принадлежит древесным растениям. Под влиянием древесной растительности в почве формируется своеобразное микробное население, в характере которого отражается состав древостоя, тип леса, возраст и т.п.

При анализе численности бактерий, использующих органический азот (рост на МПА), отмечается нарастание количества аммонификаторов в ряду: почва под сосной – под лиственницей – под вязом – под вязом с лиственницей, соответственно от $18 \cdot 10^6$ – $21 \cdot 10^6$ – $22 \cdot 10^6$ – $23 \cdot 10^6$ КОЕ. Максимальная численность в смешанных насаждениях (вяз+лиственница) обеспечена, очевидно, положительным влиянием продуктов корневого экзосмоса, и легкодоступным для деструкции микроорганизмами опада вяза и лиственницы. В почве под лиственницей, а тем более под сосной, опад хвои, обладающей бактерицидными свойствами, препятствует развитию бактерий.

В целинной почве максимальная численность микроорганизмов ($27 \cdot 10^6$) зарегистрирована возле посадок лиственницы, а минимальная ($16 \cdot 10^6$) – возле сосны. Такая разница может быть связана со скудным растительным покровом на целине рядом с сосной, что характерно для данной зоны.

Традиционно активность процессов минерализации и иммобилизации азота в почве характеризуют коэффициенты, отражающие соотношение микроорганизмов на диагностических средах с органическими и минеральными источниками азота.

Численность микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, под разными насаждениями превышает число аммонификаторов, что свидетельствует об активизации под лесом процессов минерализации органических соединений. Это подтверждается величиной коэффициентов микробиологической минерализации ($K = \text{Пкаа}/\text{Пмпа}$), которые варьируют от 1.4 до 1.7. В то же время коэффициенты минерализации в целинных почвах не превышают 1, что является показателем аккумуляции органического вещества, в том числе в виде гумуса.

Подтверждающим фактором накопления органики является более высокая абсолютная и относительная численность актиномицетов в целинных почвах по сравнению с почвами под лесными посадками всех пород древостоев. В то же время под лесными насаждениями регистрируется чис-

ленность микромицетов в 2–2.5 раза превышающая таковую в целинных почвах. Поскольку микроскопические грибы являются активными гидролитами, они обеспечивают минерализацию труднодоступных полимерных органических соединений (клетчатки, полисахаридов, лигнина и т.д.).

Численность олиготрофных микроорганизмов сопоставима с количеством бактерий, растущих на богатой органической среде МПА. Это свидетельствует о достаточной трофности, как целинных почв, так и почв под лесом, что подтверждают коэффициенты олиготрофности (ПА/МПА), незначительно превышающие 1.

Косвенным признаком более высокого плодородия почв участков целины является численность нитрификаторов и анаэробных азотофиксаторов *Clostridium pasteurianum*.

Более высокой степени микробиологической минерализации органических соединений в лесных почвах соответствует большая величина эмиссии $C-СО_2$ в верхних органогенных горизонтах (407–529 г/м²). Несмотря на то, что биомасса микроорганизмов в почвах под лесом ниже, чем в целинных почвах, их удельная дыхательная активность выше. Это еще раз подтверждает тот факт, что в почвах старых залежей идет процесс иммобилизации (накопления) органического вещества, а в лесных почвах более выражен процесс минерализации.

Выявленные свойства почв свидетельствуют о формировании оптимальных условий произрастания искусственных лесных посадок разного породного состава. Это выражается в хорошей микоризации корневых окончаний, особенно у хвойных пород, отсутствие инфекций, болезней древесных растений, их обильной семенной продуктивности и удовлетворительном лесовозобновлении. Экологическое значение таких насаждений в степной зоне Хакасии огромное в связи с тем, что подобные ландшафты требуют особой охраны и рационального природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Почвенные условия и рост лесных защитных насаждений.* /Под ред. Н.В. Орловского. Красноярск, 1975. – 127 с.
2. *Сорокин Н.Д., Молоков В.А., Москалев А.К.* О повышении приживаемости культур лиственницы в степных районах Хакасии. //Лесное хозяйство. 1998, №6. – С. 38–40.

УДК 631.46:631.445.41

ДЕКАЛЬЦИРОВАНИЕ КАК МЕХАНИЗМ ДЕГРАДАЦИИ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

К.Е. Стекольников

Воронежский государственный аграрный университет, soil@agrochem.vsau.ru

Содержание и доступность кальция в почве – ключевой вопрос сохранения плодородия почвы. Еще более актуальным делает обеспечение кальцием почв то обстоятельство, что его наличие одинаково важно для всех систем в растениеводстве. Роль ионов кальция и его соединений в почве и растениях многогранна. Кальций одновременно является удобрением для почвы и питательным веществом для растений. Особое значение известковые удобрения имеют в качестве средства для нейтрализации кислой реакции почвы. Давно известно, что этот показатель существенно влияет на различные факторы роста и соответственно на урожайность культурных растений. Но известкование далеко не всегда производится в соответствии с потребностями практики.

В работе Алексеева В.Е. (1999) на материале Молдовы подтверждена ранее высказанная мысль (Крупенников, 1967) о существовании эволюционной цепи подтипов черноземов: карбонатный, обыкновенный, типичный, выщелоченный, оподзоленный. Их развитие подчинено эволюционному процессу и на грани обыкновенного и типичного начинается потеря глинистых минералов. Существуют два типа эволюции почвы: минералогическая – необратимая, крайне медленная, обуславливающая высокую устойчивость почвы, и гумусоаккумулятивная – быстрая, но обратимая (Крупенников, 2003).

Мы считаем, что почвообразующие породы, на которых сформировались черноземы, изначально были карбонатны. Цепь подтипов черноземов: оподзоленный, выщелоченный, типичный, обыкновенный, южный соответствует горизонтальной зональности и распределяется соответственно увлажнению в пределах лесостепной и степной зон как следствие процессов выщелачивания и декарбонизации исходной карбонатной почвообразующей породы.

В большинстве слоистых минералов, содержащих кальций, он отщущается быстрее, чем магний, так как его радиус больше чем у магния. Магний всегда входит в состав октаэдрических сеток, а кальций не всегда, а если входит, то структура октаэдров становится более рыхлой. Трансформация карбонатного профиля обусловлена протеканием элювиальных ЭПП – выщелачивания и декальцирования. Их интенсивность существенно возрастает под влиянием кислотных осадков и катионов минеральных удобрений. Потери активного кальция могут способствовать развитию другого элювиального ЭПП – лессиважу. Количество декальцирование можно оценить по формуле:

$$K = (CaO + MgO) / Al_2O_3,$$

где K – показатель декальцирования; $(K_2O+Na_2O+CaO+MgO)$, Al_2O_3 – валовое содержание оксидов в почвенных горизонтах и почвообразующей породе, в весовых %.

Степень выщелачивания определяется по соотношению K_i / K_n и называется коэффициентом выщелачивания (K_b); $K_b = K_i$ (в любом почвенном горизонте) / K_n (в почвообразующей породе). Как следует из полученных нами данных, по всем показателям наблюдаются заметные различия по вариантам опыта.

Исследования выполнены на стационаре кафедры агрохимии. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных суглинках. Используя рассчитанные показатели декальцирования и степени выщелачивания мы оценили влияние системы применения удобрения и мелиоранта на интенсивность выщелачивания кальция и магния. Коэффициенты декальцирования, рассчитанные для CaO и MgO позволяют определить интенсивность этого процесса отдельно по каждому из них. Средние величины K_{Ca} в 1.5–2.5 раза выше, чем K_{MgO} , что подтверждает вывод о более интенсивной миграции CaO под влиянием удобрений. Т.о. по показателю декальцирования интенсивность выщелачивания MgO ниже, чем CaO .

С величинами степени декальцирования достаточно хорошо согласуется и показатель степени выщелачивания. На целине карбонаты аккумулируются в слое 0–40 см, на контрольных вариантах и варианте с дефекатом по органическому фону в слое 0–20 см, а на вариантах с МУ они выщелачиваются по всему профилю, причем повышение их дозы усиливает выщелачивание. Если определить степень выщелачивания для CaO и MgO , то складывается несколько иная картина.

На целине CaO аккумулируется по всему профилю, а MgO только в слое 0–20 см и очень слабо, при интенсивных потерях из нижней части профиля. На варианте абсолютного контроля MgO аккумулируется практически по всему профилю, с максимумом в слое 0–20 см, а CaO выщелачивается. Внесение навоза предотвращает выщелачивание карбонатов из слоя 0–20 см. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ обуславливает выщелачивание CaO по всему профилю и незначительную аккумуляцию MgO в слое 0–20 см. Внесение $N_{120}P_{120}K_{120}$ обуславливает выщелачивание CaO по всему профилю и аккумуляцию MgO в слое 20–60 см.

Внесение дефеката по органическому фону предотвращает выщелачивание CaO в пределах всего профиля, а MgO только в слое 0–20 см. Внесение дефеката совместно с минеральными удобрениями способствует аккумуляции CaO в слое 20–40 см, а MgO в слоях 20–40 и 60–80 см.

Таким образом, внесение минеральных удобрений обуславливает устойчивое выщелачивание карбонатов, а применение дефеката совместно с органическими удобрениями компенсируют этот процесс, и стабилизируют карбонатный профиль чернозема выщелоченного.

Карбонаты могут поступать в почвенный профиль или отщущаться из него под воздействием пульсирующего водно-солевого режима и выщелачивания, образовываться в результате деструкции минеральной матрицы и поступать с удобрениями и мелиорантами. Минимальное содержание их валовых форм наблюдается на вариантах с одной и двойной дозами минеральных удобрений, что указывает на существенные потери из алюмосиликатов этих оксидов. Подтверждением этого может быть повышение доли почвенных карбонатов от валовых форм на вариантах опыта по сравнению с целиной (в относительных %). На целине она равна 64.1 %, распашка, внесение навоза и одной дозы минеральных удобрений повышают ее до 76.7, 74.4 и 75.7 %. Максимальна их доля на варианте с двойной дозой минеральных удобрений – 83.6 %. На вариантах с дефекатом доля почвенных карбонатов от валовых форм $CaO+MgO$ высокая и составляет 78.8 и 80.0

Таким образом, повышение антропогенной нагрузки обуславливает возрастающие потери валовых форм и почвенных карбонатов, а внесение дефеката компенсирует их.

Очень вариабельно содержание активных карбонатов. Содержание и характер распределения активных карбонатов по профилю тесно связан с уровнем и интенсивностью антропогенного воздействия. Распашка, внесение органических и одной и двойной доз минеральных удобрений сни-

жает содержание активных карбонатов в 1.1, 1.5, 3.3 и 6.1 раза в сравнение с целиной. На варианте с дефекатом по органическому фону содержание активных карбонатов относительно целины снижается в 1.5, а на минеральном фоне в 2.3 раза.

Таким образом, следствием интенсивного агрогенного воздействия является снижение содержания активных карбонатов. Внесение дефеката по органическому фону обеспечивает содержание активных карбонатов на уровне контроля органического фона. Применение дефеката на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ не компенсирует отрицательное воздействие минеральных удобрений, но поддерживает содержание активных форм карбонатов на более высоком уровне – 0.19 % в сравнении с вариантами с одной и двойной дозами минеральных удобрений – 0.13 % и 0.07 % соответственно.

Столь значительное снижение содержания активных форм карбонатов свидетельствует об интенсивном процессе декальцирования профиля на вариантах с высокой техногенной нагрузкой, что обуславливает устойчивую деградацию почвы.

В качестве общего заключения следует отметить, что под влиянием агрогенной нагрузки происходит ускоренное декальцирование профиля изучаемой почвы. Интенсивность декальцирования адекватна агрогенной нагрузке, что обуславливает устойчивую деградацию карбонатного профиля и почвы. Внесение дефеката совместно с органическими удобрениями частично компенсирует этот процесс.

УДК 638.4

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ВБЛИЗИ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОЙ ЭМИССИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В АГРОЛАНДШАФТЫ И СИСТЕМУ «ПОЧВА–РАСТЕНИЕ»

С.И. Цыганок

ГНУ ВНИИИ им. Д.Н. Прянишникова, csitab@bk.ru

Основное загрязнение окружающей среды поллютантами обусловлено четырьмя видами хозяйственной деятельности человека: сжиганием жидкого и твердого топлива, промышленным производством, сбрасыванием сточных вод, содержащих тяжелые металлы, внесением в почву удобрений и химикатов.

Поступление поллютантов в окружающую среду от техногенных источников осуществляется посредством их рассеивания во всех средах экосистем: в почве, воздухе, воде. Пути загрязнения многообразны, но важнейший из них – рассеивание техногенных выбросов через атмосферу (Кирпатовский, 1974; Рэуце, Кырстя, 1988, Ильин, 1991).

Прилегающие к автострадам, следам глиссады самолётов в районе аэродромов, к бывшим складам хранения средств химизации, пашни, поля, леса, а также агроландшафты, расположенные вблизи пригородных хозяйств, а тем более мегаполисов и областных центров, подвергаются особенно сильной техногенной эмиссии, в том числе и тяжелыми металлами (далее ТМ).

Имея в виду систематический “пресс” поллютантов и ТМ на агроландшафты, вблизи источников техногенной эмиссии, для снижения негативных последствий последней на систему почва-растение нам необходимо срочно упорядочить принципы ведения сельского хозяйства на вышеуказанных территориях. В настоящее время их существует как минимум три (экологический, технологический и организационный) в настоящем сообщении остановимся на последнем из них.

Таким образом, полученные нами данные, в результате проведенных и доступных на современном этапе исследований свидетельствуют, что самым доступным и эффективным в настоящее время является организация территории, и её правильное и рациональное использование.

Допустимые сроки кардинального решения экологических проблем, накопившихся за прошлые столетия на территориях, подвергаемых техногенной эмиссии, – не десятки, а единицы лет.

Секция 3

Проблемы адаптации сельского хозяйства России к критическим ситуациям и предотвращения природных катастроф

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕКСТУРНО-КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ, ПРОИЗОШЕДШЕЕ В СВЯЗИ С ДЛИТЕЛЬНЫМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕМ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева, П.Д. Гурин

ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
soilmuseum@bk.ru

В 1952 году в районе работ Белопрудского стационара комплексной научной экспедиции АН СССР по вопросам полезащитного лесоразведения Е.А. Афанасьевой при закладке государственной лесополосы были отобраны образцы почв, которые до настоящего времени хранятся в закрытых сосудах в контролируемых условиях в фондах ЦМП им. В.В. Докучаева (3 почвенных разреза до глубины 3 метра по 10 см слоям).

Цель – исследовать изменения диагностических параметров функционально-экологического состояния черноземов, произошедших в связи с длительным лесоразведением и сельскохозяйственным использованием.

Объектом исследования являются черноземы южные (Текстурно-карбонатные черноземы по классификации 2004 года). Расположены на территории Волгоградской области, Белопрудского стационара комплексной экспедиции АН СССР по вопросам полезащитного лесоразведения, государственная лесополоса «Пенза-Каменск». Почвы сформировались на плоскоувалистом водоразделе на покровных карбонатных глинах.

В 2009 и 2010 годах сотрудниками музея была проведена экспедиция в Волгоградскую область в район Белопрудского стационара с целью уточнения местоположения разреза, из которого в 1952 году были отобраны образцы почв. В 2009 году было заложено 5 опорных разрезов, из которых отобраны почвенные образцы до глубины 2 м и более, проведено описание древостоя в лесополосах. Разрезы №1, 2 и 4 заложены под лесом. Разрез № 3 заложен на пашне, в 2009 г поле находилось под «черным паром». Разрез № 5 заложен на поле гречихи между западной и центральной лентами гослесополосы. Для учета случайной и детерминированной изменчивости почв в пространстве (Хитров, 2008), с целью уменьшения погрешности определения изменения во времени различных почвенных параметров, вокруг каждого опорного разреза на расстоянии 15–25 м были заложены по 3–4 прикопки, из которых были отобраны образцы почв.

Анализ результатов мезоморфологического описания почвенных проб из центральных разрезов и прикопок показал высокую степень однородности почвенного покрова исследованной территории.

Во всех современных разрезах до глубины 170–180 см обнаружены гумусовые кутаны. На глубине 60–110 см во всех почвах выявлена тенденция к делимости на столбчатые отдельности. По-видимому, это вызвано увеличением доли натрия в ППК.

На глубине 200–250 см наблюдаются значительные различия между разрезами. Так в разрезе №1 (западная лесополоса) новообразования гипса хорошо выражены (вплоть до сростков размером 10 мм), тогда как в остальных разрезах новообразования гипса представлены мелкими кристаллами и пятнышками гипса (1–2 мм). Возможно, это вызвано перепадами в микрорельефе, что ведет к перераспределению поверхностных вод. Эта неоднородность хорошо соотносится с результатами анализа вытяжки водорастворимых солей, полученными в 1952 году Е.А.Афанасьевой (1980).

На южных черноземах за 57 лет произошло изменение объемной плотности почвы. По данным Е.А. Афанасьевой (1980) в 1952 году в почве западной лесополосы до глубины 0.9 м от поверхности объемная плотность равномерно возрастает с 1.0 до 1.6 г/см³. За 57 лет в верхних 5 см почвы под влиянием лесонасаждений произошло снижение объемной плотности до 0.8 г/см³. Скорее всего, это связано с прекращением воздействия техники и активным развитием корневой системы деревьев в почве под лесополосой. За это же время на пашне объемная плотность возросла до 1.3 г/см³, что свидетельствует о значительном переуплотнении и связано с увеличением антропогенной нагрузки. Начиная с 35 см, объемная плотность почвы под пашней и лесополосой в современных условиях, характеризуется несколько меньшими значениями, чем 57 лет назад (на 0.3 г/см³).

Результаты анализа механического состава почвы не выявили заметной разницы между черноземами пашни и лесополосы. Увеличение доли илистой фракции на 10 % под пашней по сравне-

нию с лесополосой на глубине 90–170 см может быть обусловлено исходной неоднородностью почвообразующей породы.

Основное различие между почвами лесополосы и пашни заключается в увеличении доли фракции >10 мм и уменьшении фракции <0.25 мм в вариантах с пашней. Это может быть объяснено тем, что на пашне происходит общая деградация структуры и развития слитизации на фоне переуплотнения.

Анализ водно-физических свойств почв показал, что профиль почвы под пашней менее высушен, чем под лесом, что может быть обусловлено более высокой транспирацией в лесном массиве. Пик гигроскопической влажности на глубине 170–190 см в первом разрезе совпадает с наличием новообразований гипса на этой глубине. Возрастание максимальной гигроскопии в вариантах с лесополосой с глубины 70 см может быть обусловлено увеличением содержания легкорастворимых солей.

По результатам определения рН водной суспензии почвы наблюдается относительное подкисление (на 0.3 рН) на глубине 15 см в разрезах под лесополосой. Под пашней подобного подкисления не наблюдается. В слое почвы 30–100 см наблюдаются схожие тенденции изменения рН почвы. В нижней части профиля различия рН могут быть обусловлены исходной неоднородностью залегания гидрокарбоната натрия.

По сравнению с 1952 г произошло незначительное перераспределение солей в пределах профилей почв. При этом, пики максимального содержания легкорастворимых солей сохранились на тех же глубинах. Важно отметить, что концентрация легкорастворимых солей не высока – 0.5 мэкв/100 г для слоя 0–50 см и около 1.0 мэкв/100 г в слое 50–100 см, что составляет 0.02–0.05 % от массы почвы. Максимальная концентрация легкорастворимых солей наблюдается на глубине 250 см и составляет 0.2 % от массы почвы. Наблюдается незначительное повышение концентрации легкорастворимых солей в варианте с пашней в верхней части профиля, что может быть обусловлено низкой транспирацией из нижних горизонтов и высоким испарением с поверхности.

Сохранился характер распределения гипса под западной лентой лесополосы (максимумы содержания на 180 см и 220 см), но произошло относительное накопление гипса на 50 % по сравнению с содержанием в 1952 г. Под центральной лентой лесополосы характер распределения гипса изменился – повысилась верхняя граница гипсового горизонта. Содержание водорастворимого сульфата возросла на глубине 140 и снизилась в два раза на глубине бывшего максимума в 2 раза, возможно, это вызвано перераспределением гипса по профилю.

В разрезах на современной пашне наблюдается наибольшая глубина залегания гипсового горизонта по сравнению с 1952 г и разрезами в лесополосе 2009 года. Глубина ниже в среднем на 60 см. Возможно, это обусловлено большим промачиванием пашни по сравнению с лесом вследствие большего снегонакопления и пониженной транспирации культурных растений.

Глубина вскипания составляет в среднем 25 см по всем разрезам, заложенным в 2009 г, что фактически не отличается от показателей 1952 года.

Работа выполнена в рамках НИР ГНУ Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии.

УДК:631.48

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА И УРОЖАЙНОСТИ КУЛЬТУР В 7-И ПОЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

М.П. Банкин, А.Л. Стуков, Т.А. Банкина

Санкт-Петербургский государственный университет, bankinaagro@rambler.ru

Динамические наблюдения за содержанием различных соединений углерода и урожайности культур семипольного севооборота проведены на супесчаной дерново-подзолистой почве, где 1 доза удобрений составляла 60–90 и 2 доза 180–360 кг/га в год. Удобрения были рассчитаны на усвоение посевом 1 и 2 % приходящей фотосинтетически активной радиации (ФАР). Установлено что все возделываемые культуры за две ротации 7–польного севооборота имели отрицательный тренд урожайности на всех вариантах доз удобрений. Исключение составил тренд урожайности многолетних травах 1 и 2 года пользования на контрольном варианте.

Таблица 1. Изменение урожайности культур севопольного севооборота, ц/га в год.

Культура	Контроль	1 доза NPK	2 доза NPK
Многолетние травы 1 года	2.13	-0.77	-3.27
Многолетние травы 2 года	0.81	-1.20	-3.70
Картофель	-13.70	-19.70	-18.50
Ячмень	-1.17	-1.79	-1.96
Однолетние травы	-4.49	-8.66	-4.13
Озимая рожь	-0.18	-0.55	-0.24
Ячмень + многолетние травы	-0.86	-1.89	-2.28

На рисунке 1 представлены тренды урожайности многолетних трав 1-го года пользования. Видно, что на контрольном варианте урожайность трав постепенно растет. Однако при применении удобрений как на первой, так и на второй дозе плавно снижается.

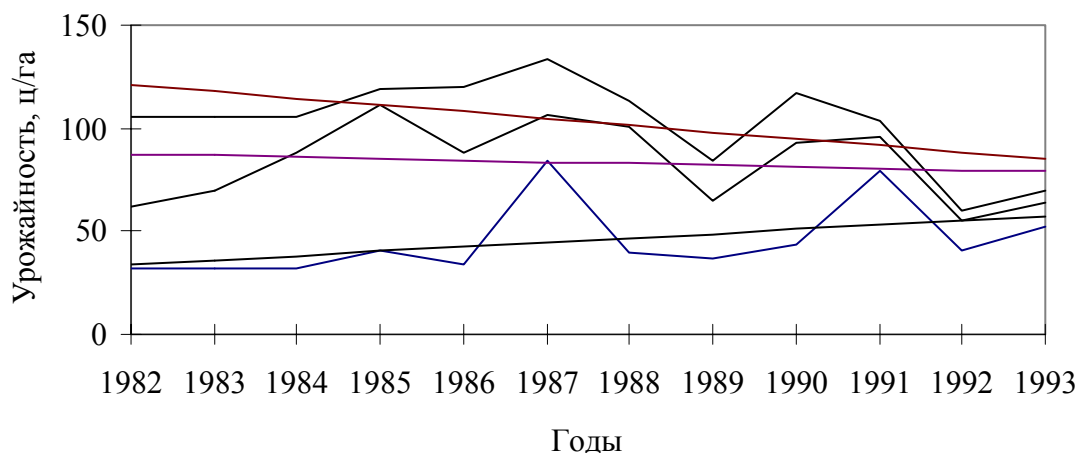


Рисунок 1. Динамика и тренды урожайности многолетних трав 1-го года пользования: нижняя линия – контроль; средняя линия – 1-я доза; верхняя линия – 2-я доза.

На рисунке 2 представлены динамика и тренд урожайности картофеля. Негативное («скрытое» по выражению Д.Г. Звягинцева) действие минеральных удобрений на культуре картофеля выражено наиболее резко.

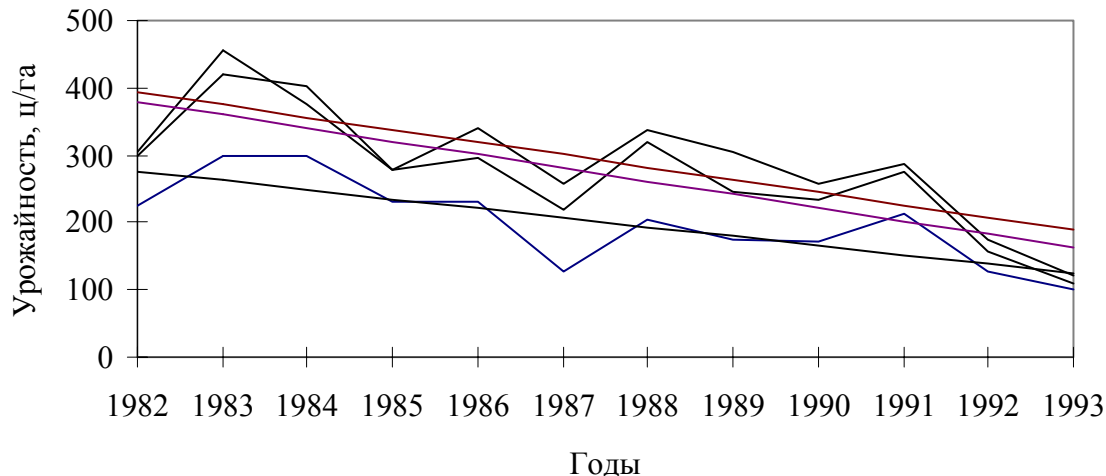


Рисунок 2. Динамика и тренд урожайности картофеля.

Установлено, что причина этого явления заключается в усилении минерализации органических соединений почвы, уменьшении их количества. Так за период с 1982 по 2010 год содержание общего углерода снизилось с 2.03 до 1.64 % в среднем по всем полям севооборота. Количество водорастворимых органических соединений сократилось на 5.8 %, а содержание углерода, извлекаемого пирофосфатной вытяжкой на 2.0 %.

Таким образом показано, что уменьшение в почве общего углерода на 0.4 %, а лабильных его форм на 2–6 % приводит к заметному снижению урожайности культур в зерно-травяно-пропашном севообороте.

Скорость деградации почв особенно велика в промышленных регионах. В Донбассе, который является одним из таких регионов, деградационным процессам подвержены порядка 70 % сельскохозяйственных земель. Поэтому здесь особенно остро стоит вопрос сохранения плодородия почв и борьбы с деградацией.

В почвосберегающих технологиях и в борьбе с деградацией почв необходимо использовать гуминовые препараты, которые стимулируют рост и развитие корневой системы растений, почвенной биоты (в частности, земляных червей), способствуют их адаптации к климатическим и экологическим условиям региона.

На сельскохозяйственных культурах нами были испытаны буроугольные гуматы аммония и препараты на их основе, а также органо-минеральные удобрения на основе остаточного угля (отхода производства гуматов аммония). На зерновых культурах (пшеница и ячмень), на злаковых травах (овсяница, райграс) и на кормовых травах (люцерна) было установлено, что применение гуматов аммония для обработки семян и для некорневой обработки способствует развитию более мощной и глубокой корневой системы (на 30 и более %). В таблице 1 приведены данные опытов на люцерне.

Таблица 1. Влияние гумата аммония на развитие корневой системы люцерны

Вариант	Время, лет	Длина корней, см	Вес сухой корневой системы по пластам почвы, грамм на погонный метр					
			0–10 см	10–20 см	20–30 см	30–40 см	40–60 см	> 60 см
Контроль	1	36.7	28.9	13.3	6.8	4.5	2.1	–
	2	42.9	30.9	14.2	9.5	5.3	2.6	–
Опыт	1	54.3	31.1	12.5	10.7	5.9	6.0	–
	2	57.3	40.3	21.9	13.3	8.9	8.1	0.8

Как видно из данных таблицы 1, длина корней люцерны в вариантах с обработкой гуматами аммония по сравнению с контролем в первый год была больше на 47.9 %, а на второй год – на 33.5 %. При этом наблюдалось увеличение корневой системы люцерны с глубиной в случае использования гумата аммония.

Урожайность зеленой массы на опытных участках была на 52 % выше, чем на контрольных (491 ц/га в опыте против 322 ц/га в контроле). Увеличение корневой системы способствует не только выживанию растений в сложных условиях и повышению урожайности, но и накоплению постмортальных органических остатков в почве.

В условиях жаркого лета 2010 года было изучено влияние гуминовых препаратов на репродукционные свойства красного калифорнийского червя (модель земляного червя). Гуминовые препараты использовали при поливах компоста (10^{-3} и 10^{-4} % растворы гуматов аммония) и добавки в субстрат компоста (5 % остаточного бурого угля – отхода производства гуматов аммония). Опыт был заложен в июне месяце – не самое благоприятное время для вермикомпостирования. Тем не менее, результаты опыта показали высокую эффективность буроугольных гуминовых препаратов: коэффициент репродукции в контроле составил 5.8; при поливе 10^{-3} % раствором гумата аммония – 6.8; при поливе 10^{-4} % раствором гумата аммония – 9.7; при внесении остаточного угля – 12.2.

Огромное значение для модернизации АПК Тамбовской области имеет комплекс мер по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения, по сохранению и повышению плодородия почв. Сельское хозяйство региона ориентируется на рыночный спрос, а потому его эффективность все больше зависит от конкурентоспособности, как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Земли Тамбовской области способны обеспечивать относительно большую окупаемость инвестиций выходом зерна, семян подсолнечника, корнеплодов сахарной свеклы и других культур. Однако в условиях области проявляющаяся нестабильность погодных условий негативно сказывается на формировании урожая. Размах колебаний между максимальной и минимальной урожайностью озимой пшеницей может достигать 25 ц/га, семян подсолнечника до 10 ц/га, корнеплодов сахарной свеклы 15–20 т/га.

Чтобы снизить подобную нестабильность урожаев, необходимо разрабатывать и осваивать адаптивную систему земледелия, позволяющую приспособлять технологии производства к изменениям погодных условий, в том числе к различным вариантам погодных аномалий. Система земледелия должна быть не только адаптивной к природным условиям, но и гибкой, позволяющей находить лучшие решения в нетрадиционных экономических ситуациях. Она должна быть ориентирована на малозатратность производства, увеличение доли экологически безопасной продукции, на рост совокупной рентабельности и устойчивости земледелия. Заметное снижение обеспеченности сельских товаропроизводителей материально-техническими ресурсами, существенное сокращение применения органических и минеральных удобрений в результате чего в пахотных почвах сложился отрицательный баланс элементов минерального питания растений. Интенсивная и часто бессистемная антропогенная эксплуатация пашни вносит существенные коррективы в разработку систем земледелия и агротехнологий. Происходит падение плодородия черноземов. Темпы снижения эффективного плодородия стали заметно превышать компенсационные возможности стабилизирующих почвообразовательных процессов.

Локализовать падение плодородия почв можно путем усовершенствования структуры посевных площадей, введения научно обоснованных полевых севооборотов, рационального применения удобрений, более широкого использования биологических приемов повышения плодородия, совершенствования системы обработки почвы путем замены высокоинтенсивных (энергоемких) приемов энерго- и ресурсосберегающими способами.

В современных экономических условиях при остром дефиците средств на приобретение дорогостоящих материально-технологических средств, совершенствование структуры посевных площадей целесообразно проводить с расширением менее энергозатратных экономных культур, пользующихся повышенным спросом на рынке сбыта. По данным нашего института уменьшение доз удобрений приводит к значительному повышению эффективности тех севооборотов, где больше высевается многолетних и бобово-злаковых смесей однолетних трав, гороха. При больших дозах удобрений преимущество за севооборотами с высокой концентрацией пропашных культур.

В условиях области наиболее рациональная площадь зерновых от 50 до 60 % пашни.

В зерновом клине приоритет должен быть за озимой пшеницей, поскольку при правильном ее возделывании она превышает по урожаю яровые зерновые на 10–15 центнеров с гектара. Озимые – центральные культуры в плодосменных севооборотах, являются лучшими предшественниками пропашных культур. Озимые должны занимать до 20–25 % пашни.

В связи с большим спросом на сильные и твердые сорта яровой пшеницы, которая может быть и основной страховой культурой для пересева погибших озимых. Ориентировочно можно определить ее площади в 10–15 % от площади озимых.

Ячмень и овес должны занимать не менее 10–15 % пашни.

Следует изменить отношение к зернобобовым (горох, вика) и крупяным (гречиха, просо). Спрос на них в настоящий период возрос, а площади под ними не только не растут, а даже сокращаются.

Высокозатратные культуры (сахарная свекла, подсолнечник) играют основную роль в экономике хозяйств. Увеличение продукции этих культур должно идти за счет совершенствования технологий их возделывания, а не расширения площади посева.

Должны произойти изменения и в группе кормовых культур, где целесообразно увеличить посевы многолетних трав. Многолетние травы существенно повышают плодородие почвы, предохраняют почву от эрозии, особенно на склоновых землях. На современном этапе технического обеспечения из многолетних трав следует отдать предпочтение эспарцету, так как у него легче получить семена. Его следует высевать в свекловичных севооборотах, где он используется один год с распашкой под озимые. Люцерну в этих севооборотах высевать нецелесообразно, поскольку она должна произрастать не менее 3 лет. Ее лучше высевать на эродированных землях в зернотравяных севооборотах с двух-трехлетним использованием.

В настоящее время, преобладающим видом в землепользовании на равнинных землях принят четырехпольный севооборот со следующим чередованием культур: 1-е поле – чистый пар; 2-е поле – озимые; 3-е поле – пропашные (сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза); 4-е поле – яровые зерновые (ячмень, пшеница, овес, просо).

В таком плодосменном севообороте всегда можно разместить структуру посевных площадей каждого хозяйства, любой специализации. В этом севообороте целесообразно произвести замену чистого пара на 50 % площадей посевом многолетних трав и сидеральными культурами. Севообороты должны быть до предела насыщены сидеральными культурами и многолетними бобовыми травами, что обеспечит положительный баланс органического вещества и максимум накопления биологического азота, для питания не только себя, но и последующей культуры.

Как показали наши исследования, наиболее выгодной из сидеральных культур является горчица белая, которая имеет низкий коэффициент транспирации, низкую норму высева, обеспечивает высокий урожай биомассы и ранний срок ее заделки в почву. Использование сидерального пара в зернопаропропашном севообороте по сравнению с севооборотом, где использовался чистый пар с внесением 30 тонн на 1 га навоза обеспечило равноценную продуктивность севооборота с одновременным снижением совокупных затрат, которые были в 1.5 раза меньше.

Одним из наиболее доступных, малозатратных источников пополнения органической массы почвы может быть солома зерновых культур. Систематическое внесение соломы стабилизирует содержание в почве гумуса, что положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур.

По данным нашего института запашка в течение 6 лет соломы озимой пшеницы обеспечила урожайность ячменя – 32.2 ц/га, такую же, как и при внесении навоза в чистом пару (32.1 ц/га).

Удобрение является самым быстродействующим реально осязаемым средством повышения урожая всех культур. В настоящее время внесение удобрений резко сократилось. Возврат элементов питания по отношению к выносу их с урожаем из почвы составляет не более 25 процентов, а на многих полях удобрения совсем перестали вносить.

В связи с этим необходимо принимать меры к наиболее эффективному использованию удобрений. Во-первых, минеральные удобрения целесообразно вносить только в соответствии с содержанием питательных веществ в почве. Во-вторых, вносить минеральные удобрения целесообразно только под наиболее отзывчивые культуры севооборотов (сахарная свекла, озимая пшеница, ячмень). В-третьих, удобрения необходимо вносить на поля с низкой и средней обеспеченностью элементами питания. В-четвертых, система удобрений должна строиться таким образом, чтобы в первую очередь посеять все культуры с рядковым внесением удобрений, озимую пшеницу по возможности следует больше подкармливать весной, а остальные удобрения вносить под зябь.

На площадях интенсивных технологий возделывания сахарной свеклы необходимо вносить полные дозы удобрений по расчетам на запланированный урожай.

Применение минеральных удобрений, хотя и увеличивает поступление в почву органического материала за счет прироста корневой массы на 12–20 %, но без дополнительного применения органических удобрений (навоза, сидератов, соломы) не обеспечивается бездефицитный баланс гумуса в севообороте. На том же фоне минеральных удобрений, но при дополнительном поступлении органического материала за счет сидератов (в частности, горчицы белой) был достигнут положительный баланс гумуса (+ 0.41 % к исходному состоянию).

Основные направления обработки почвы в современной земледелии должны основываться на минимализации. На смену затратным обработкам почвы, таким как вспашка, должны приходиться

энерго- и ресурсосберегающие технологии, отвечающие требованиям природоохранного земледелия. Наиболее приемлемыми технологиями возделывания полевых культур являются агротехнологии, основанные на разумном сочетании вспашки при подготовке почвы под пропашные культуры и для разделки пласта многолетних трав с безотвальной обработкой почвы плоскорезами, чизельными орудиями (под яровые культуры) и с поверхностными рыхлением под озимые в занятых парах. Применение технологий возделывания сельскохозяйственных культур основанных на дифференцированной или комбинированной отвально-безотвальной системе обработке почвы и применении минеральных удобрений в комплексе со средствами защиты растений может обеспечить продуктивность севооборота порядка 6.0 и более тонн с 1 га зерновых единиц с хорошими экономическими показателями.

Следует особо отметить, что при применении бессенной отвальной обработки усиливаются процессы минерализации органического вещества и происходит снижение содержания гумуса. Более благоприятные почвенные условия складываются при комбинированной отвально-безотвальной системе обработки, при которой обеспечивается стабилизация содержания гумуса в пахотном слое почвы, что имеет немало важное значение для сохранения плодородия черноземных почв.

Таким образом, использование предлагаемых мероприятий позволит сохранить плодородие черноземов и увеличить выход высококачественной продукции растениеводства при одновременном снижении энергоемкости ее производства.

УДК 631.51:631.82:632

ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЧЗ

В.А. Воронцов

ГНУ Тамбовский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства, tniish@mail.ru

В стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур на высоком уровне при одновременном сохранении плодородия почв и снижении энергозатрат важное место, в системах земледелия, занимает совершенствование технологий возделывания культур в полевых севооборотах. При этом, основная обработка почвы является решающим звеном в системе земледелия. В Центральном Черноземье до недавнего времени основным приемом зяблевой обработки почвы равнинного ландшафта была вспашка, которая в большинстве хозяйств и в настоящее время остается таковой. Длительный период ее применения свидетельствует, что наряду с положительным влиянием вспашки на почву и растения ей присущи и недостатки к которым, в первую очередь, можно отнести высокую затратность на ее проведение и усиление процессов минерализации органического вещества почвы.

На современном этапе ведения земледелия на смену вспашки приходят альтернативные способы обработки без оборота пласта. В Тамбовской области внимание и интерес к безотвальным способам обработки почвы проявляются более 30 лет. В нашем институте проводятся исследования направленные на разработку технологий возделывания сельскохозяйственных культур основанных на ресурсо- и энергосберегающих системах обработки почвы в сочетании с оптимальной системой комплексного применения средств химизации, обеспечивающих получение высокой урожайности полевых культур, сохранение плодородия черноземных почв и охрану окружающей среды.

Опыты проводятся на черноземах типичных с высокой обеспеченностью подвижными формами питательных элементов, в типичном для зоны зернопаропропашном севообороте со следующим чередованием культур: 1.Чистый пар. 2.Озимая пшеница. 3.Сахарная свекла. 4.Ячмень. Изучается 24 технологии для каждой культуры с различным насыщением удобрениями и пестицидами при разных системах основной обработки почвы.

В процессе последований было установлено, что черноземы типичные для регулирования их агрофизических свойств не нуждаются в постоянной вспашке. Замена вспашки в севообороте поверхностной, безотвальной и комбинированной отвально-безотвальной обработкой не приводило к

каким-либо существенным изменениям агрофизических свойств почвы. Плотность сложения пахотного слоя оставалась на уровне оптимальной. Не ухудшался и структурно-агрегатный состав пахотного горизонта.

Изучаемая схема механических обработок почвы в севообороте не приводила к существенным различиям по накоплению доступной влаги. Вместе с тем систематическое применение поверхностной системы обработки привело к меньшему накоплению доступной влаги. При этом расход ее менее продуктивен, чем по вспашке. Комбинированная отвально-безотвальная система обработки способствовала улучшению условий влагообеспеченности возделываемых культур по сравнению со вспашкой. На бесплужных обработках и в особенности поверхностной наблюдалась дифференция пахотного слоя по плодородию, с увеличением элементов питания в верхнем (0–10 см) и уменьшению в нижнем (20–30 см) слое почвы. При комбинированной отвально-безотвальной системе обработки питательные вещества по глубине распределялись более равномерно. В течение вегетационного периода по данной обработке почвы отмечалась лучшая обеспеченность растений подвижными формами питательных веществ.

Исследование биологической активности почвы по интенсивности разложения целлюлозы показало, что существенных различий по вариантам обработки почвы не было. При этом прослеживалась тенденция к уменьшению этого показателя на фоне бесплужных систем обработки. В нижнем слое пахотного горизонта (20–30 см) интенсивность разложения ткани снижалась, что характерно было для всех систем обработки почвы.

Органическое вещество почвы, ее гумус, является важным показателем плодородия. Исходное содержание гумуса в пахотном слое составляло 6.53–7.00 %.

После 12 летнего применения различных систем основной обработки почвы произошли изменения в содержании гумуса. По отвальной вспашке и поверхностной обработке за этот период содержание гумуса уменьшилось на 0.50 и 0.32 %. На вариантах с комбинированной отвально-безотвальной системой обработки количество гумуса увеличилось на 0.07 % по сравнению с исходным. Снижение количества гумуса при интенсивной обработке почвы с оборотом пласта можно объяснить усилением процессов минерализации органического вещества, а по поверхностной обработке по причине концентрации растительных остатков в верхнем (0–10 см) слое почвы. Для процесса же гумусообразования необходимо взаимодействие разлагающего материала с минеральной частью почвы, которое лучше всего достигается при заделке органических остатков равномерно по всей толще пахотного горизонта.

Применение безотвальной и поверхностной систем обработки почвы увеличивает засоренность посевов культур севооборота в 1.1–1.2 раза, в том числе многолетними видами сорняков в 2.3–3.0 раза. Засоренность посевов на фоне комбинированной отвально-безотвальной обработки существенно не отличалась от засоренности по отвальной системе обработки почвы.

Лучшие показатели по продуктивности севооборота (5.63–5.84 т/га зерн.ед.) были получены при использовании технологий возделывания культур основанных на комбинированной системе основной обработки почвы, где 25 % занимает вспашка, применяемая при подготовке почвы под сахарную свеклу и 75 % безотвальная обработка под зерновые культуры (табл. 1). Следует подчеркнуть, что комплексное применение минеральных удобрений и средств защиты растений давало наивысшие результаты (6.18–6.29 т/га зерн.ед.). Подобные закономерности по продуктивности севооборота были отмечены при использовании в качестве основной обработки почвы, как бессменной вспашки, так и безотвального рыхления.

Использование технологий, основанных на поверхностной и безотвальной системах обработки почвы, привело к снижению продуктивности севооборота по сравнению с бессменной вспашкой на 0.43–0.57 и 0.12–0.30 т/га зерн.ед. без полного комплекса средств защиты и на 0.45–0.41 и 0.02–0.15 т/га зерн.ед. с применением комплекса средств защиты.

Максимальный (230.5 %) уровень рентабельности наблюдался в технологиях, основанных на комбинированной системе обработки почвы с применением удобрений $N_{120}P_{90}K_{90}$ за севооборот, в комплексе со средствами защиты растений. По сравнению с традиционной бессменной отвальной системой обработки уровень рентабельности повысился на 15 %, условно чистый доход увеличился на 6.9 %, себестоимость продукции снизилась на 5.1 %.

Основанные на использовании поверхностной обработки почвы технологии, способствующие сокращению энергозатрат, оказались экономически менее эффективны вследствие недобора урожая.

Повышение фона удобренности до N₁₆₀P₁₆₀K₁₆₀ и N₂₄₀P₂₄₀K₂₄₀ стали причиной снижения прибыли, повышения себестоимости продукции и падения уровня рентабельности.

Таким образом, в условиях зоны на черноземах типичных с высокой обеспеченностью подвижными формами питательных веществ, наиболее предпочтительны технологии возделывания сельскохозяйственных культур основанные на комбинированной отвально-безотвальной системе обработки почвы с внесением минеральных удобрений на уровне N₁₂₀P₉₀K₉₀ за севооборот в комплексе с полным комплексом защиты растений. Применение таких технологий не вызывает снижения урожайности культур по сравнению с технологиями

Таблица 1. Агрэкономическая оценка комплексного применения средств химизации при различных способах основной обработки почвы в зернопаропропашном севообороте, 2007–2010 гг.

Содержание вариантов			Продуктивность севооборота, т 1 га зерн.ед.	Условно чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т зерн.ед., руб.	Рентабельность, %
Система основной обработки почвы	минеральные удобрения кг д.в. за севооборот	защита растений				
Бесменная вспашка	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1*	5.41	26402	2428	201.0
		2*	5.91	29476	2330	215.5
	N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	1	5.71	26907	2592	181.8
		2	6.05	28898	2514	190.0
	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	1	5.82	25702	2872	153.7
		2	6.21	28831	2721	170.6
Систематическая поверхностная	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1	4.98	23559	2528	187.1
		2	5.46	26714	2436	200.8
	N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	1	5.12	22924	2766	161.8
		2	5.60	25999	2605	178.2
	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	1	5.25	21756	3099	133.7
		2	5.80	25337	2891	151.1
Безотвальная	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1	5.29	26036	2421	203.3
		2	5.89	29789	2267	223.1
	N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	1	5.53	25865	2612	179.1
		2	5.97	28254	2511	188.5
	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	1	5.52	23866	2983	144.9
		2	6.06	27331	2875	159.6
Комбинированная (отвально-безотвальная) 25 % вспашка, 75 % безотвальная обработка	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1	5.63	27851	2328	212.5
		2	6.18	31506	2211	230.5
	N ₁₆₀ P ₁₆₀ K ₁₆₀	1	5.84	27972	2542	188.4
		2	6.07	29547	2498	194.8
	N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	1	5.84	26311	2870	157.0
		2	6.29	28882	2766	166.0

Примечание: 1* – протравливание семян зерновых культур; ручная прополка сорняков на посевах сахарной свеклы; 2* – комплекс средств защиты.

основанных на бесменной вспашке, но позволяет значительно снизить энергозатраты, повысить рентабельность возделывания культур, что немало важно, усилить процессы воспроизводства плодородия черноземов и в первую очередь за счет накопления гумуса. Для большего снижения энергозатрат в предлагаемых технологиях можно перейти на обработку почвы без оборота пласта используя с этой целью чизельные плуги, плоскорезы без существенного риска ухудшения экономических показателей.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ
ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Е.С. Гасанова, А.С. Сорокин, Т.О. Фоминых

ФГОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки,
upravlenieopm@mail.ru

Важной составляющей современной эволюции является антропогенное почвообразование [1]. Антропогенное воздействие на естественные экосистемы вызывает количественные изменения и трансформацию структурно-функциональных параметров органического вещества. В пахотном горизонте идет процесс усиленной минерализации гумуса, меняются качественный состав гумуса и структурно-функциональные параметры. Свойства органического вещества определяются химическим составом и строением его молекул. Поэтому изучение молекулярной структуры органического вещества почв и гумусовых кислот является актуальной задачей. Одним из методов исследования является ИК-спектроскопия.

В качестве объектов исследования были использованы гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК), выделенные из пахотного слоя чернозема выщелоченного с различной агротехнической нагрузкой. Были изучены следующие варианты: абсолютный контроль, вариант с внесением двойной дозы минеральных удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$, а также вариант с применением кальциевого мелиоранта дефеката (отхода свеклосахарного производства).

Препараты гумусовых кислот были выделены по методу Кононовой М.М. и Бельчиковой Н.П. [2] с последующим разделением на ГК и ФК. ГК подвергали ионообменной очистке. Фракционирование ФК проводили на колонках с активированным углем последовательной экстракцией водой, ацетоном и гидроксидом аммония. В итоге получали три фракции ФК: фракция А (низкомолекулярные водорастворимые соединения), фракция В (водно-ацетоновая фракция) и фракция Д (собственно фульвокислоты). ИК-спектроскопическое исследование полученных препаратов ГК и ФК фракции Д проводилось на приборе Specord.

На рисунке 1 показаны ИК-спектры ГК почв исследуемых вариантов. Во всех спектрах ГК четко выделяются три области частот $2500\text{--}3700$, $1400\text{--}1700$ и $1000\text{--}1200\text{ см}^{-1}$. Первая из них определяется валентными колебаниями ОН-групп в той или иной мере связанных водородными связями. Полосы $3685\text{--}3737\text{ см}^{-1}$ характеризуют колебания ОН-групп, соответствующие разупорядочной структуре воды. Пики в области частот $3585\text{--}3605\text{ см}^{-1}$, указывающие на валентные колебания гидроксильных групп в воде с одной или двумя водородными связями, $3498\text{--}3520\text{ см}^{-1}$, обусловленные колебаниями вода-вода, вода-аминогруппа, а также полосы поглощения валентных колебаний ОН-групп в воде с ненарушенной структурой $3407\text{--}3397\text{ см}^{-1}$ наблюдаются во всех спектрах ГК. Полосы поглощения $3240\text{--}3266$, $3320\text{--}3345\text{ см}^{-1}$, которые определяют валентные колебания $H_2O\cdots HO-C_6H_4-R$, имеются в спектрах всех образцов, но интенсивнее они выражены в молекулах ГК варианта с дефекатом, что указывает на относительно большее содержание в них фенольных гидроксигрупп. Также во всех спектрах присутствуют полосы $3210\text{--}3190\text{ см}^{-1}$, соответствующие валентным колебаниям NH. ИК-спектры ГК имеют полосы поглощения в области $3096\text{--}3148\text{ см}^{-1}$, характеризующие валентные колебания $OH_2\cdots ^-OOC-R$ или $H_2O\cdots HOOC-R$.

Характерным является наличие полос $3041\text{--}3057$ и 2920 см^{-1} , указывающих на присутствие в строении молекул ГК как ароматических, так и алифатических фрагментов. Однако, ГК контрольного варианта имеют интенсивный пик 2920 см^{-1} , соответствующей развитой алифатической структуре. Причиной этого является то, что под действием минеральных удобрений и мелиорантов происходит разрушение боковых цепочек молекул ГК и вследствие этого возрастает конденсированность ядерных структур. Полосы близкой интенсивности в спектрах всех вариантов ГК выявлены в области $2740\text{--}2780\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания $R-COON\cdots OH_2$). Также во всех спектрах содержатся полосы при $2568\text{--}2585\text{ см}^{-1}$, характеризующие колебания связей $COO\cdots H_2O$ и $COO\cdots NH=$.

Все образцы характеризуются наличием полос при $1678\text{--}1715\text{ см}^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям $C=O$ в кетонных и недиссоциированных карбоксильных группах. Полосы $1595\text{--}1617\text{ см}^{-1}$ (1.40:1.58:1.67) могут быть отнесены к нескольким фрагментам структуры: колебания диссоциированных карбоксильных групп, ароматических фрагментов, а также азотсодержащих группировок. Характерным является также наличие полос $1500\text{--}1540\text{ см}^{-1}$, которые служат дополнительным подтверждением ароматичности ГК. Все ГК характеризуются присутствием в их ИК-

спектрах полос 1377–1405 см^{-1} (деформационные колебания диссоциированных карбоксильных групп, колебания ОН-групп и $\text{C}-\text{CH}_3$). Пики в области 1220–1240 см^{-1} , указывающие на наличие связей $\text{C}-\text{N}$ аминных и амидных групп [4], а также на валентные колебания $\text{C}-\text{O}$ и $\text{O}-\text{H}$ связей, присутствуют во всех ИК-спектрах.

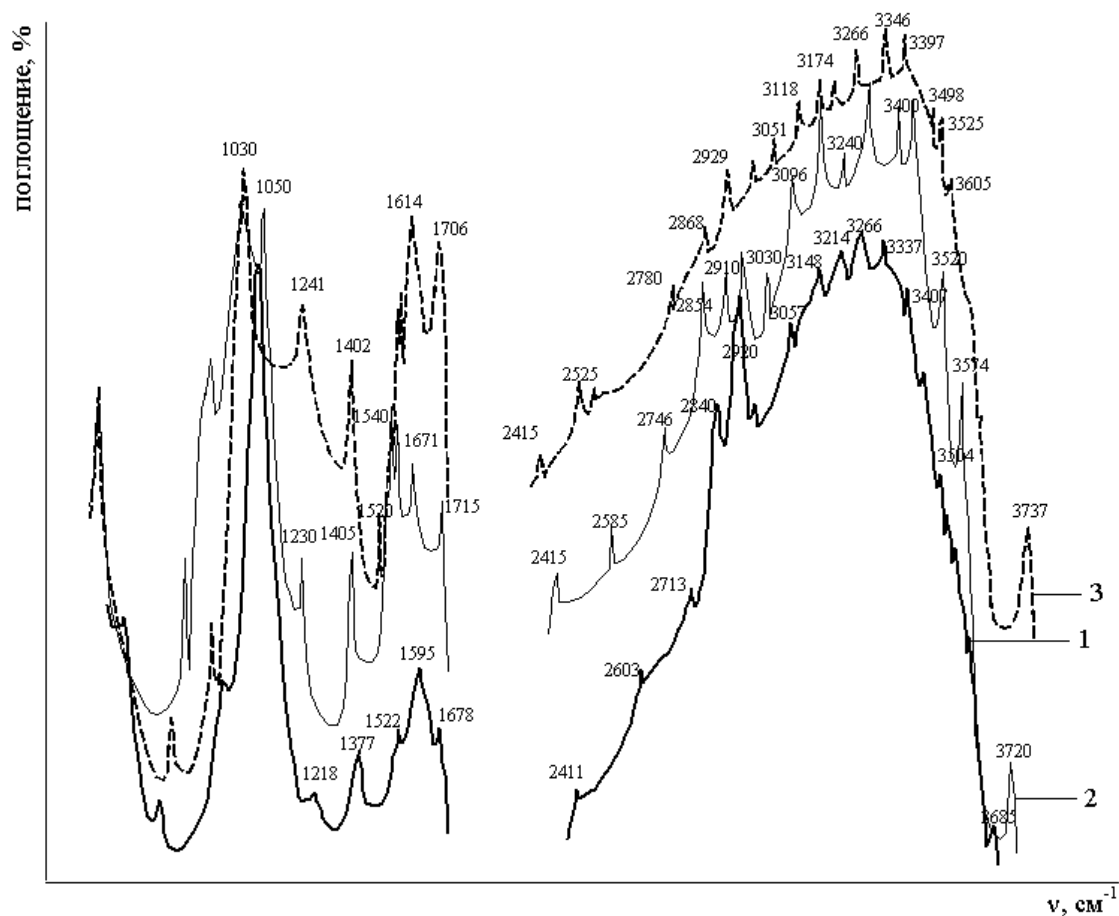


Рисунок 1. ИК-спектры ГК разных вариантов. 1 – контроль; 2 – $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$; 3 – дефекат.

Третья полоса относится к валентным колебаниям $\text{O}-\text{H}$ связей в спиртовых гидроксилах, $\text{C}-\text{O}$ в карбоксильных группах, а также к колебаниям пиранозных циклов в полисахаридных цепочках. Обращает на себя внимание повышенная интенсивность пика 1002 см^{-1} в контрольном варианте по сравнению с другими образцами. Это указывает на то, что в этом варианте привитые части имеют относительно большее число углеводных фрагментов. Полосы 881–918 см^{-1} характеризуют пульсационные колебания пиранозных циклов, а пики 517–522 см^{-1} соответствуют либрационным колебаниям полисахаридных фрагментов молекул.

На рисунке 2 показаны ИК-спектры ФК различных вариантов. Характерными особенностями спектра ФК, выделенных из почв с двойной дозой НРК являются сдвиг основного максимума в области OH -связей в длинноволновую область и наличие высокого пика, соответствующего валентным колебаниям CH -связей в алифатических структурах молекул. В случае ФК варианта с внесением дефеката, наоборот, достаточно хорошо проявляется пик 3060 см^{-1} , указывающий на валентные колебания CH -связей в ароматических фрагментах молекул.

В области спектра, соответствующей колебаниям OH -связей, максимальные интенсивности характерны для ФК абсолютного контроля, что указывает на повышенную гидратацию их молекул. Это связано с большим содержанием функциональных групп и максимальной гидрофильностью молекул.

В области частот 1700–1383 см^{-1} наибольшая интенсивность пиков, характеризующих колебания связей в диссоциированных и недиссоциированных карбоксильных группах, азотсодержащих соединениях, а также в ароматических структурах наблюдаются у ФК почв абсолютного контроля, что связано с их более высоким содержанием. В области 950–1200 см^{-1} , характеризующей колебания $\text{C}-\text{O}$ связей в спиртовых группах, углеводных фрагментах молекул и в пиранозных

кольцах, интенсивности колебаний в спектре ФК абсолютного контроля и варианта с $N_{120}P_{120}K_{120}$ становятся соизмеримыми, что указывает на близкое строение углеводных фрагментов молекул. Минимальная интенсивность колебаний в этой области имеет место у ФК, выделенных из почв с дефекатом, что подтверждает их большую гидрофобность и ароматичность по сравнению с ФК почв других вариантов.

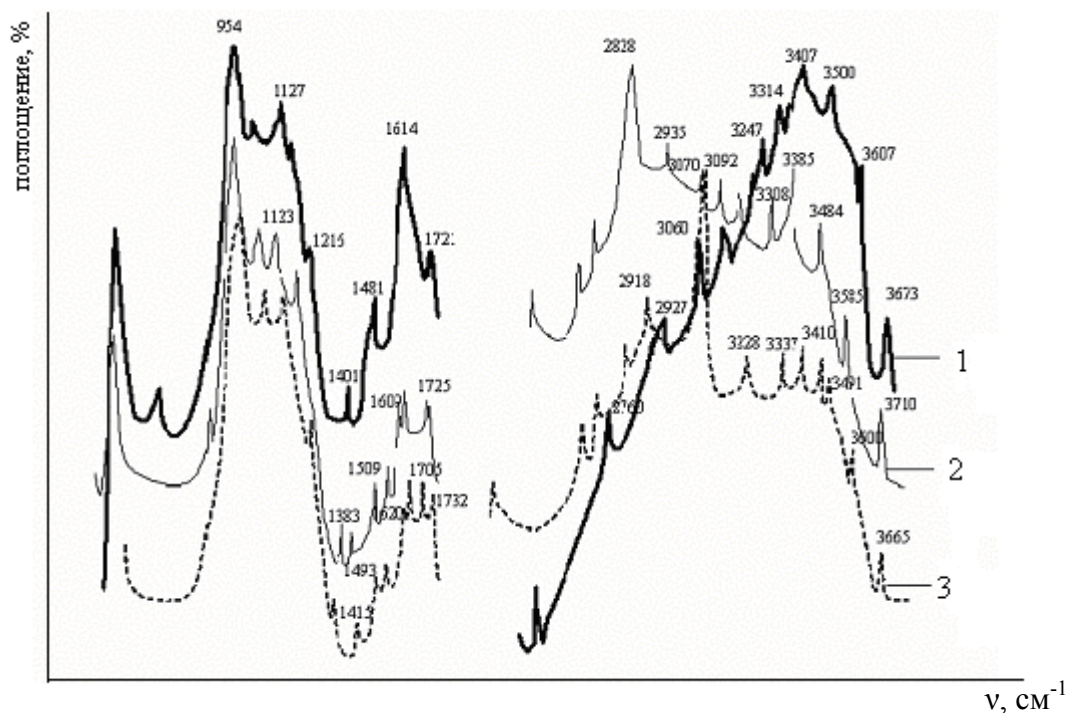


Рисунок 2. ИК-спектры ФК различных вариантов. 1 – контроль, 2 – $N_{120}P_{120}K_{120}$, 3 – дефекат.

Таким образом, методом ИК-спектроскопии выявлена более развитая алифатическая часть молекул ГК на абсолютном контроле. Это связано с разрушением боковых цепочек молекул ГК и ростом конденсированности ядерных структур при внесении удобрений и мелиоранта. Высокая интенсивность пиков характерна для спектров молекул ФК абсолютного контроля вследствие их более сложного строения по сравнению с молекулами ФК на вариантах с использованием агротехнических приемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева И.И. Антропогенное почвообразование и новая классификация почв России / И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова // Почвоведение. – 2005. – №10. – С.1158–1164.
2. Практикум по почвоведению / И.С. Кауричев; под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
3. Углянская В.А. Инфракрасная спектроскопия ионообменных материалов / В.А. Углянская, Г.А. Чикин, В.Ф. Селеменев. – Воронеж: ВГУ, 1989.–208 с.
4. Методы спектрального анализа / В.Л. Левшин [и др.]; под ред. В.Л. Левшина. – М.: Изд-во Московского университета, 1962. – 508 с.

УДК: 631.4

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ: ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Л.А. Гафурова

Ташкентский государственный аграрный университет, glazizakhon@yandex.ru

Признавая важность решения проблемы изменения климата и необходимость принятия эффективных мер по смягчению его последствий, Узбекистан в 1993 году присоединился к рамочной Конвенции ООН об изменении климата, в 1998 году подписал Киотский протокол, который был ратифицирован в 1999 году.

Территория республики относится к засушливой зоне Азии, где более 70 % земель занято пустынями и полупустынями, особенно уязвимыми к изменениям климата. Глобальное потепление будет способствовать увеличению числа экстремальных погодных явлений, т.е. периодов с засухами и высокими летними температурами, изменениями в режиме формирования водных ресурсов, деградации земель. [1].

В Узбекистане на долю сельскохозяйственного сектора приходится 23 % от ВВП и приблизительно 34 % занятого населения. Климатические условия оказывают большое влияние на сельское хозяйство. Для Узбекистана характерен весьма изменчивый климат, уже выразившийся в увеличении средней температуры, количества жарких дней и эвапотранспирации [4]. Климатические прогнозы указывают на то, что регион будет подвержен: увеличению среднегодовой температуры на 1.9–2.4°C к 2050, с разницей по областям, наибольшее потепление, при этом придется на зимний и весенний периоды; 15–18 % увеличению среднегодового количества осадков с наибольшим увеличением в летний сезон; ухудшению и более рискованным условиям сельскохозяйственного производства в связи с увеличением температуры идет увеличение эвапотранспирации сельскохозяйственных культур, компенсируя прогнозируемое увеличение количества осадков и приводя к более засушливым условиям сельскохозяйственного производства, увеличивая его зависимость от и без того недостаточных водных ресурсов; постепенному росту прогнозируемого дефицита воды в бассейне Аральского моря – прогнозируется, что по мере спроса на воду и сокращения объема гарантированного отбора воды из рек Амударья и Сырдарья дефицит воды превысит 500 %, увеличившись с 2 км³ в 2005 г. до 11–13 км³ в 2050 году; и наконец, увеличению продолжительности вегетационного периода, особенно в северных районах, дающему возможности для высева новых сельскохозяйственных культур [2]. В условиях Узбекистана в последние 30–50 лет усилилось явление опустынивания. Ученые прогнозируют изменение климата вне зависимости от значительных различий в абсолютных значениях ожидаемых изменений климата, к середине текущего столетия в среднем на 2.5°C при удвоении концентрации CO₂. Изменение климата – это проблема не только будущего, но и настоящего.

В сентябре 2010 года на Саммите ООН по Целям развития тысячелетия Президент Республики Узбекистан Ислам Каримов в очередной раз призвал мировое сообщество к необходимости совместных усилий для решения одной из экологических угроз – проблемы Арала, которая по масштабам имеет глобальный характер. Из-за интенсивного испарения море быстро усыхает. Сегодня его объем сократился более, чем в 13 раз, а площадь – более чем в 7 раза. Уровень воды снизился на 26 м, береговая линия отступила на сотни километров. Соленость воды достигла в западной части 120 г/л, восточной – до 250 г/л. Опустынивание Приаралья сопровождается потерей земельных ресурсов, ухудшением пастбищ и сенокосов, все активнее происходит засоление земель, биологическая продуктивность Приаралья в результате сократилась в 10 раз, и сегодня утрачено свыше половины генофонда растительного и животного мира. Все протекающие процессы и явления этого региона на фоне глобального изменения климата высвечиваются в двойной степени, проявляясь гораздо жестче, быстрее и сложнее. Усилились сезонные засухи, усилил сухость и жару в летнее время, удлинив холодные и суровые зимы. В Приаралье число дней с температурой выше 40°C увеличилось в 2 раза. Последующее изменение климата приведет к увеличению потерь воды на 10–15 % за счет испарения с водной поверхности и на 10–12 % из-за возрастания транспирации растениями, что вызовет увеличение безвозвратного потребления воды, соответственно рост водозабора. По прогнозам специалистов, в 2035–2050 гг. температура в регионе может возрасти еще на 1.5–3.0°C и наибольшее повышение ожидается в Приаралье [3].

Рациональное использование и охрана почв в Узбекистане занимают особое место в общей проблеме охраны и рационального использования природных ресурсов в условиях изменения климата. Почвенные ресурсы ограничены по площади и качеству. Их современное состояние вызывает тревогу потому, что за последние 30–50 лет почвы обеднились гумусом и элементами питания, подверглись засолению, водной и ветровой эрозии, загрязнению тяжелыми металлами, фторидами и агрохимикатами.

Одной из наиболее важных задач является проблема борьбы с эрозией почв. Ветровой эрозии подвержено около 56 % земель, водной эрозии почв около 20 %, и наиболее широко распространены в Кашкардарьинской, Сурхандарьинской, Ташкентской областях, где они достигают до 50–80 % В результате только ирригационной эрозии вынос почвы может достичь 100–500 т/га, а годовые потери гумуса могут составлять 500–800 кг/га, азота 100–120 кг/га, фосфора 75–100 кг/га и бо-

лее. Эрозионные процессы влияют соответственно и на количество утилизированной энергии Солнца в биомассе почв.

Следующей крупной проблемой в условиях меняющегося климата является проблема засоления почв. Только за последние десять лет площадь орошаемых засоленных земель увеличилась на 608 тыс.га и достигла – 2446.3 тыс.га – 65.9 орошаемой площади, средне- и сильнозасоленных почв до 1187.7 тыс.га, т.е. 32.04 % площади. Площадь засоленных земель в республике составил 51 % от общей площади орошаемых земель, в том числе сильнозасоленных – 4 %, средnezасоленных – 17 % и слабо засоленных – 30 %. Наибольшую площадь они занимают в Республике Каракалпакстан, Бухарской, Кашкадарьинской, Хорезмской, Сырдарьинской, Джизакской и Ферганской областях. В результате изменения климата ожидается увеличение интенсивности расхода грунтовых вод в зоне аэрации, что приведет к развитию вторичного засоления [2].

Вызывают тревогу выявленные изменения в соотношениях поглощенных оснований в почвенном поглощающем комплексе, На засоленных почвах наблюдается тенденция снижения содержания кальция и калия и увеличение доли магния и натрия, что приводит к ухудшению физических свойств почв.

В ряде районах засоление сопровождается формированием трудномелиорируемых гипсированных почв. Прослой и горизонты гипса ухудшают водно-физические свойства и затрудняют промывки почв от водно-растворимых солей. Общая площадь гипсированных земель составляет 301.7 тыс.га и наибольшее распространение они получили в Республике Каракалпакстан, Сырдарьинской, Джизакской и Кашкадарьинской областях, в Ферганской долине [4].

Другим лимитирующим фактором в повышении продуктивности земель в новых условиях являются за счет освоения новых земель – каменистость почвы. Так, в настоящее время каменистых почв в Узбекистане всего 159.2 тыс.га и распространены в основном в Андижанской, Наманганской, Навоийской, Ферганской, Джизакской и Сурхандарьинской областях.

Особо следует отметить, что при изменении климатических условий важен будет показатель механического состава почв. Так, среди орошаемых почв тяжелосуглинистые и глинистые почвы составляют около 25 %, что при повышении температуры, увеличения испарения, дегумификации, дефиците влаги и др. будут характеризоваться неблагоприятными физическими свойствами, быстро будут пересыхать, плохо аэрироваться, образовывать плотную корку и очень часто будут подвержены засолению. 27 % орошаемых земель имеют почвы легкосуглинистый, супесчаный и песчаный механический состав. Эти почвы часто имеют неблагоприятные водно-физические свойства, подвержены водной и ветровой эрозии.

Засушливость климата, процесса дефляции, водная эрозия, засоление почв, разреженная растительность, перевыпас скота, вырубка кустарников и др. вызывают опустынивание и деградацию пастбищ [5, 6]. Важную роль в предотвращении деградации пастбищ играет проведение фитомелиорации, создание почвозащитных лесополос что будет способствовать уменьшению солепылепереноса, водной эрозии, засоления, повышению продуктивности, снижению уязвимости к изменению климата.

Таким образом, назрела необходимость принятия срочных мер по повышению эффективности землепользования и охраны почв, проведение работ по рекультивации нарушенных земель, в т.ч. пастбищных земель, защита почв от эрозии и засоления, опустынивания, загрязнения, дегумификации, переуплотнения и др. негативных явлений, влияющих на сохранение и повышение плодородия почв, на эколого-мелиоративное состояние земель, т.е. значение почвенной науки неизмеримо возрастает в разработке мер по адаптации агросферы и землепользования к изменениям климата [2, 4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Первое Национальное сообщение* Республики Узбекистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Главгидромет, Т., 1999 г.
2. *Второе Национальное сообщение* Республики Узбекистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Главгидромет, Т., 2008 г.
3. *Алиханов Б.* Экологические проблемы и вызовы в контексте глобальной кооперации по обеспечению экологической устойчивости и стабильности в регионе. В кн. «Роль аграрной науки и научно-технической информации в инновационном развитии сельского хозяйства». Т., 2010 г.

4. Кузиев Р. Почвенные ресурсы Узбекистана и перспективы развития почвенных исследований. В кн. «Роль аграрной науки и научно-технической информации в инновационном развитии сельского хозяйства». Т., 2010 г.

5. Гафурова Л.А. Основные направления и перспективы рационального использования пастбищ. Т. 2009 г.

6. Национальный отчет по состоянию земельных ресурсов Республики Узбекистан. Т., 2008 г.

УДК 631.4

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ СУББОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И КАЗАХСТАНА

Л.И. Герасько, С.В. Лойко

Томский государственный университет, s.loyko@yandex.ru

Суббореальный пояс, состоящий из зон подтайги, лесостепи и степи занимает около 1/3 изученной территории. Из этих зон подтайгу, лесостепь, а также предгорные степные территории можно рассматривать как экотоны между гумидным и аридным педокосмом, что обуславливает повышенную напряженность всех природных процессов и высокое педоразнообразие. Сложный эволюционный путь, пройденный этой территорией, предопределил сильную пестроту геогенных факторов почвообразования, что привело к сложной комбинаторике геогенно-зависимых деградационных почвенных процессов. Например, в пределах Барабинской низменности в пределах катены могут сочетаться процессы эвтрофного и олиготрофного заболачивания, засоления, осолонцевания, а на гривах сложенных породами легкого гранулометрического состава – дефляция. В то же время на Приобском плато, ограничивающем эту территорию с востока, ведущими процессами является эрозия, дегумификация, переуплотнение пахотных почв.

Естественные деградационные процессы активизировались после начала массового переселения крестьян в Сибирь 120–130 лет назад, однако наибольший прирост площадей сельскохозяйственных угодий произошел в годы освоения целинных и залежных земель (1954–1956) в восточных и юго-восточных степных и лесостепных регионах. Если допустимая норма распашки по данным некоторых авторов (Петров, 1945) для этого региона должна была составлять около 40 %, то после освоения целины площадь пашни Омской области достигла 60–70 %, а на большей части Алтайского края было распахано 50–60 %, а в отдельных районах до 90 %. В результате несоблюдения требований норм распашки и агротехники на 1996 г. здесь насчитывается 6000 тыс. га пахотных земель, предрасположенных к дефляции и эрозии, или 96 % пашни (Бурлакова, 2005). Лучших земель в крае среди пахотных угодий, не требующих специальных противоэрозионных мероприятий всего 4.9 %.

В подтаежной зоне значительного развития достигают процессы эрозии и оврагообразования, связанные с распашкой склоновых почв. Эрозия, а также биохимическая деструкция процессы приводят к развитию процессов дегумификации почв. Так в период с 1965 по 1984 гг. содержание гумуса в черноземах выщелоченных снизилось с 8.1 до 7.1 %. Среднегодовая потеря гумуса составляет 0.46 т/га (Лосева, Герасько, 1986). Наряду с изменением количественных характеристик химического состава изменяется и СПП. Так в подтайге Притомья при отчетливо выраженном гривисто-ложбинном микрорельефе с покатыми склонами происходит вынос твердых частиц, а в микропонижениях формируются наложенные почвенные профили с погребенными лугово-черноземными почвами и «перевернутым» гумусовым горизонтом (Апах – 4.3 %, Апогр – 6.6 % гумуса). В зависимости от глубины западины, а также от площади, с которой происходит перенос твердофазного материала, гумусовые горизонты исходных почв погребены на глубине от 40 до 117 см (Герасько и др., 2009).

Основными факторами, ограничивающими использование почв в лесостепной и степной зонах, является солонцеватость и засоление. Возрастающая аридизация климата в связи с глобальным потеплением и вековыми циклами способствует обсыханию озер и малых рек, снижает общую увлажненность территории, в результате чего увеличиваются площади сорных солончаков, образовавшихся на месте высохших озер, засоленных болотных почв, а также усиливается аэральный перенос солей на прилегающие ландшафты. Распашка почв легкого гранулометрического состава в Барабе, Кулунде, Северном и Центральном Казахстане вызывает дефляцию, снижение содержания гумуса, уменьшение мощности гумусового горизонта и обуславливает тенденции опустынивания (Смоленцев и др., 2004; Смоленцева и др., 2007).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АНТИСТРЕССОВЫХ БИОПРЕПАРАТОВ В ОНТОГЕНЕЗЕ РАСТЕНИЙ – ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ АДАПТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Р.Г. Гильманов¹, Ю.М. Шаульский¹, М.М. Хайбуллин²¹ООО Научно-внедренческое предприятие «БашИнком», г. Уфа, agro-bnk@mail.ru²Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа

Еще в XIX в. немецкий агрохимик Август Либих и его коллеги сформулировали закон лимитирующих факторов в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Этот закон обосновал причины снижения урожая при дисбалансе основных элементов питания. В дальнейшем эти лимитирующие условия были дополнены и другими факторами (вода, температура, pH среды и т.д.). Их общее соответственно число составляет сегодня для зерновых культур более 30 факторов.

Вместе с тем в последние десятилетия установлено, что обмен веществ у растений имеет собственную систему управления, включающую в себя в первую очередь гормоны, рецепторные системы мембран для эффектов действия сигнальных молекул и различных посредников в виде салициловой кислоты, жасмоновой кислоты и других [1]. Избыток или недостаток лимитирующих факторов, влияние вредных организмов и другие стрессовые факторы – все они регистрируются в растениях с помощью этой сложнейшей системы. Соответственно становится особо актуальной проблема разработки и применения комбинированных природных антистрессовых препаратов, ингредиенты которых несут разную функциональную нагрузку [2]. Понимая особенности этой проблемы, авторы настоящего доклада использовали при создании сложных препаративных форм антистрессовых препаратов 3 класса активных компонентов. К первой группе [3–5] мы относим симбиотические факторы (Фитоспорин-М, ГУМИ и др.). Вторая группа представлена микроэлементами [6], сформировалась третья – NPK в гомеопатических стартовых соотношениях [2].

Известно, что первая группа факторов создана в процессе эволюции в самой живой природе [7, 8], поскольку именно симбиотические отношения с микроорганизмами и позволили в далеком прошлом выжить растительным организмам. Микроэлементы как кофакторы ферментов и витаминов являются обязательным атрибутом всего обмена веществ [6]. Роль NPK общеизвестна, но также известен и негативный эффект их дисбаланса. Все эти теоретические предпосылки и легли в основу создания и применения сложных антистрессовых препаратов ООО НВП «БашИнком».

Биоактивированные препараты ООО НВП «БашИнком»:

Фитоспорин-М, *Фитоспорин-М ЭКСТРА*, *Фитоспорин-М-хранение* являются универсальными биофунгицидами для защиты сельскохозяйственных растений от комплекса грибных и бактериальных болезней. Действующее вещество серии Фитоспорин-М – живая бактериальная культура *Basillus subtilis* штамм 26Д.

Фитоспорин-М биофунгицид нового поколения. Промышленно производится 14 лет. Рекомендовал себя эффективным биологическим средством защиты от болезней широкого спектра культур. Практически не уступает по своей эффективности химическим фунгицидам. Кроме того, обладает мощными антистрессовыми, ростоускоряющими и иммуностимулирующими свойствами.

ГУМИ универсальные антистрессовые, ростоускоряющие, иммуностимулирующие, биоактивированные по молекулярному весу и микроэлементному составу БМВ гуминовые удобрения:

1. ГУМИ–20, ГУМИ-20М, ГУМИ-90, ГУМИ-90М – натриевые и калиевые соли гуминовых кислот, причем ГУМИ–20М и ГУМИ-90М содержит полный набор микроэлементов в хелатной форме.
2. ГУМИ-20М БОГАТЫЙ – жидкое комплексное удобрение содержит Фитоспорин-М, NPK в различных соотношениях, микроэлементы в хелатной форме.
3. БОРОГУМ, БОРОГУМ-М – комплексное, обогащенное бором, в органогуминовой форме, с микроэлементами в хелатной форме, стимулятором Гуми и биофунгицидом Фитоспорин-М.

Все препараты серии ГУМИ повышают коэффициенты использования удобрений и питательных веществ почвы на 20–30 %, Производятся как БМВ – гуматы калия (К), так и гуматы натрия – калия (Na : K=1:1).

Биоактивированные комплексные удобрения серии Бионекс-Кеми для корневых и внекорневых подкормок с/х культур:

I. Серия Бионекс-Кеми Полимет (4 видов), содержат жизненно необходимые микроэлементы в полимерно-хелатной форме.

II. Серия Бионекс-Кеми Растворимый (7 видов), содержат различный состав макроэлементов и полный набор микроэлементов в полимерно-хелатной форме, обладают также биофунгицидными свойствами.

Ниже представлены некоторые результаты последовательного применения препаратов ООО НВП «БашИнком» на различных культурах.

ГНУ Самарский НИИСХ, 2010 г. (засушливый)

Озимая пшеница

1. Протравливание семян – Фитоспорин-МЖ (1 л/т)

2. Обработка посевов ранней весной – Фитоспорин-МЖ Экстра (1 л/га) + Гуми-20М Богатый (1 л/га) + Бионекс-Кеми 40:0:0 (2 кг/га)

Урожай:

Контроль – 4.6 ц/га

С биопрепаратами – 7.2 ц/га

Прибавка – 36 %

На 1 руб. затрат 4.4 руб. прибыли

ООО «Агросоюз», Староминский р-н, Краснодарский край, 2009 г.

Сахарная свекла

1. 1-ая гербицидная обработка + Гуми-20 (0.2 л/га)

2. 2-ая гербицидная обработка + Фитоспорин-МЖ (1 л/га) + Гуми-20М Богатый (1 л/га)

3. 3-ая гербицидная обработка + Бионекс-Кеми 15:11:25 (2 кг/га) + Борогум (0.8 л/га)

4. 4-ая гербицидная обработка + Бионекс-Кеми 9:12:33 (2 кг/га) + Борогум (0.8 л/га)

Урожай:

Контроль – 629.2 ц/га

С биопрепаратами – 890.7 ц/га

Прибавка – 261.5 ц/га или 29 %

На 1 руб. затрат 130 руб. прибыли

Московская обл., ВНИИКХ, 2008 г.

Картофель

1. Обработка клубней перед посадкой – Фитоспорин-МЖ (1 л/т) + Гуми-20 (0.2 л/т)

2. Обработка посевов в фазу всходов – Фитоспорин-МЖ (1 л/га) + Гуми-20М (0.2 л/га)

3. Обработка посевов в фазу бутонизации – Борогум (1 л/га)

4. Обработка посевов в фазу цветения – Фитоспорин-МЖ (1 л/га) + Гуми-20 (0.2 л/га)

Урожай:

Контроль – 211 ц/га

С биопрепаратами – 315 ц/га

Прибавка – 104 ц/га или 49.3 %

На 1 руб. затрат 122 руб. прибыли

Как видно из этих данных, ростостимулирующие и антистрессовые комбинированные препараты позволяют получать высокие урожаи озимой пшеницы, сахарной свеклы и картофеля при относительно низких затратах. При этом необходимо иметь в виду, что сами симбиотические факторы являются одновременно и компонентами систем управления метаболизма растений. Микроэлементы в составе сложных биомолекул играют роль катализаторов. Новинкой в активации этих молекул является использование новых хелатирующих соединений аминного типа, в том числе и полимерной структуры.

Что касается использования разных количественных комбинаций НРК в малых концентрациях (1–3 кг/га), то авторы исходили из того, что быстрое поступление в клетки надземных органов макроэлементов совместно с другими физиологически активными молекулами дают стартовый сигнал для усиления ростовых процессов как корневой системы, так надземной части растений, а также активации защитных механизмов растений при действии всех неблагоприятных факторов как абиотической, так и биотической природы. Активация роста корневой системы соответственно позволяет как экскаватор «черпать» НРК из почвенного горизонта.

Авторы считают, что эти теоретические предпосылки позволяют разработать многие десятки антистрессовых препаратов как для использования на разных видах растений, так и на отдельных этапах онтогенеза в различных почвенно-климатических зонах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шакирова Ф.М., Хлебникова Т.Д. Регуляторы роста в адаптивной стратегии растениеводства. – Уфа: Гилем, 2009. –124 с.
2. Кузнецов В.И. Биотехнологии антистрессового высокоурожайного земледелия (АВЗ) в России и за рубежом. НАНО. Технологии, экология, производство. 2010. №3 (5) – С. 92–95.
3. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах. М.: Наука, 2007. –147 с.
4. Христева Л.А. Действие физиологически активных гуминовых кислот при неблагоприятных внешних факторах // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. – Днепропетровск, 1973. т. IV. С. 3–23, 58–72.
5. Кузнецов В.И. и др. Защитно-стимулирующие свойства препарата Гуми – биоактивированной формы гуминовых кислот. Эффективность его использования в сельском хозяйстве. – Уфа, Гилем, 2000. –102 с.
6. Анспок П.И. Микроудобрения: справочник. – 2 изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. –272 с.
7. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. – Пушкино, 1989. – 155 с.
8. Фундаментальные и прикладные аспекты исследования симбиотических систем: Материалы конференции / Всероссийская конференция с международным участием. Саратов, 25–27 сентября 2007 г. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2007. – 116 с.

УДК 631.5:551.581

ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И РОЛЬ АНТИСТРЕССОВОГО ВЫСОКОУРОЖАЙНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ (АВЗ)

Ш.Я. Гилязетдинов¹, В.И. Кузнецов¹, Р.Г. Гильманов¹, И.К. Хабиров²
ООО Научно-внедренческое предприятие «БашИнком», г.Уфа, agro-bnk@mail.ru
²Башкирский государственный аграрный университет, г.Уфа

Последние 2 года окончательно убедили мировое сообщество в том, что глобальные климатические изменения на планете не миф, а суровая проза жизни. Причем этот процесс не имеет линейной природы, а характеризуется в основном резким изменением частот и величин погодных показателей как в среднем годичном цикле и отдельных его сезонах, так и по декадным промежуткам в онтогенезе сельскохозяйственных растений [1, 2, 3, 4]. Но самое главное, что эти климатические изменения в последние 50 лет сопровождались и глобальными природными катаклизмами [5]. Все это укладывается в одну картину, если в качестве основной причины принять очередной природный цикл планеты, в котором особенности сил солнечно-лунного и земного притяжений сопряжены с изменением оси вращения планеты [6]. Такая ситуация и может способствовать существенному изменению направления атмосферных потоков и их интенсивности как в приземных слоях, так и в тропосфере.

Что касается проблемы накопления избыточного количества углекислого газа в атмосфере, то это в большей мере относится к сфере политического пиара. Дело в том, что эмиссия углекислого газа от промышленных и народно-хозяйственных объектов нейтрализуется в верхней части океанов и морей водорослями и в дальнейшем пеллет аккумулируется на самом дне [9]. Ту же функцию выполняют и леса планеты.

Рассматривая с этой позиции проблему продовольственной безопасности надо отметить, что в настоящее время все основные национальные приоритеты в России сопряжены главным образом с решением энергетических, технических и различных технологических проблем. В этой связи в общую проблему ресурсосбережения страны авторы считают полезным включить и 3 других проблем инновационного характера:

– минимализация загрязнений окружающей среды тяжелыми металлами, опасными органическими поллютантами и слабонеразлагающимися техногенными материалами. Все сельскохозяйственные угодья также в большей или меньшей степени загрязнены тяжелыми металлами. А ведь Рим-то, говорят, погиб в свое время от загрязнения питьевой воды только свинцом;

– ускоренная селекция высокоадаптивных сортов и новое районирование сельскохозяйственных культур, приспособленных со своими биоритмами метаболизма к изменившимся погодным условиям. Это позволит, при одинаковых ресурсных, энергетических и технологических затратах, получать больше качественной и дешевой продукции растениеводства;

– создание для этих сортов биологически эффективных препаратов для усиления их симбиотических процессов в почвах, а также активации собственных защитных сил организма растений.

Ниже очень кратко и будут рассмотрены эти проблемы в связи с задачами продовольственной безопасности.

После второй мировой войны три «кита» обеспечили рост урожайности зерновых и других культур: механизация, минеральные удобрения и интенсивные сорта. Но в связи с глобальным ростом индустрии в планетарном масштабе сельхозугодья оказались загрязненными экотоксичными поллютантами, в том числе не разлагаемыми живыми организмами тяжелыми металлами и сейчас уже острой проблемой стало качество пищи растительного и животного происхождения. В значительной мере этот вопрос может быть решен внесением в почву гуминовых кислот из бурых углей, которые не только связывают тяжелые металлы, но и ускоряют воспроизводство плодородия почв.

В условиях наблюдающихся климатических изменений в ближайшие годы усилятся аридность климатических условий в регионах Южного Урала и Поволжья. В Башкортостане эта проблема наиболее остро стоит в зоне Степного Зауралья и южных районов, климатические условия которых могут приблизиться к условиям Оренбургской области [1], в которой в XX в. обозначился тренд нарастания температуры, но не выявлено увеличения осадков, свойственных гумидным зонам. В докладе в этой связи представлены иллюстрации, характеризующие некоторые климатические особенности Оренбуржья [1].

Таблица. Эффективность совместного применения Гуми 90 с протравителями семян и гербицидами на яровой пшенице

№ п/п	Варианты обработки семян и посевов	Урожайность, ц/га		Прибавка	
		контроль	опыт	ц/га	%
Совхоз-техникум «Зилаирский» Баймакского района РБ, яровая пшеница Саратовская 55, 2002 г.					
1.	Контроль. (Дивиденд)+(Луварам)	26.4	–	–	–
	Опыт. (Дивиденд+Гуми)+(Луварам)	–	27.3	0.9	3
2.	Контроль. (Дивиденд)+(Луварам)	23.1	–	–	–
	Опыт. (Дивиденд)+(Луварам+Гуми)	–	24.7	1.6	7
3.	Контроль. (Дивиденд)+(Луварам)	13.8	–	–	–
	Опыт. (Дивиденд+Гуми)+(Луварам+Гуми)	–	17.8	4.0	2.9
4.	Контроль. (Тирам)+(Чисталан)	16.0	–	–	–
	Опыт. (Тирам+Гуми)+(Чисталан)	–	18.2	2.2	14
5.	Контроль. (Тирам)+(Чисталан)	12.6	–	–	–
	Опыт. (Тирам+Гуми)+(Чисталан+Гуми)	–	16.0	3.4	28
ОПХ «Баймакское» Баймакского района РБ яровая пшеница Саратовская 55, 2003 г.					
6.	Контроль. (Актамыр)+(Луварам)	27.6	–	–	–
	Опыт. (Актамыр)+(Луварам)	–	31.3	3.7	13
Совхоз-техникум «Зилаирский», яровая пшеница Саратовская 55					
7.	Контроль. (Тирам)+(Магнум)	18.0	–	–	–
	Опыт. (Тирам+Гуми)+(Магнум+Гуми)	–	20.7	2.7	15
СПК «Акьяр» Хайбуллинского района РБ яровая пшеница «Симбирка», 2003 г.,					
8.	Контроль. (Тирам)+(Чисталан+Магнум)	10.5	–	–	–
	Опыт. (Тирам+Гуми)+(Чист.+Магнум+Гуми)	–	12.2	1.7	27

В отличие от Оренбургской области [10, 11], где в настоящее время в качестве антистрессовых биопрепаратов используются в основном различные препаративные формы Фитоспорина-М, в степном Зауралье Башкортостана оказались более эффективными препаративные формы Гуми. Все это совершенно неслучайно, поскольку летне-осенние заморозки в Зауралье наступают значительно ранее, чем в Оренбургской области и поэтому препараты Гуми, существенно ускоряющие сроки созревания, оказались здесь более востребованными.

Результаты опытов в условиях Зауралья за 2002–2003 гг. даны в таблице. Эти данные говорят сами за себя. Оказалось, что 2-кратная обработка Гуми яровой пшеницы более эффективна, чем однократная.

Возвращаясь к названию темы доклада о роли антистрессовой стратегии в земледелии нашего региона можно прийти к важному заключению. Оно заключается в том, что для повышения экологической устойчивости культурных растений к действию засухи и других неблагоприятных факторов среды целесообразно наиболее гомеостатические сорта возделывать как с использованием антистрессовых препаратов, так и на фоне воздействия в их семеноводческом процессе агробиотехнологических мероприятий с активирующими эффектами.

Но прежде чем решить эти задачи и оценить некоторые пути их реализации следует вспомнить общеизвестную истину о важной роли адаптивно-ландшафтных систем земледелия в решении современных проблем продовольственного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере* / Под редакцией академика РАСХН А.Л.Иванова. – М., 2004, 332 с.

2. *Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России*. Под редакцией академиков Россельхозакадемии А.Л.Иванова и В.И.Кирюшина. – М.: Россельхозакадемия, 2009, 518 с.

3. *Шевченко С.Н., Корчагин В.А.* Научные основы современных технологических комплексов возделывания яровой мягкой пшеницы в Среднем Заволжье. – М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 283 с.

4. *Гудковский В.А., Каширская Н.Я., Цуканова Е.Н.* Стресс плодовых растений. – Воронеж, 2005, 128 с.

5. *Осипов В.И.* Управление природными рисками. Вестник Российской академии наук. 2010, Т.80, № 4, С. 291–297.

6. *Сорохтин О.Г.* Многогранный талант. В кн. «Ученый нашего времени глазами современников». – М.:ГЭОТАР-Медия, 2010. С. 123–125

7. *Ковда В.А.* Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушино, 1989. 155 с.

8. *Фундаментальные и прикладные аспекты исследования симбиотических систем: Материалы конференции / Всероссийская конференция с международным участием.* Саратов, 25–27 сентября 2007 г. Саратов: Изд-во Научная книга, 2007. 116 с.

9. *Остроумов С.А.* Геохимический аппарат водных экосистем: биокосная регуляция. Вестник Российской академии наук. 2004, Т.74, № 9, С. 785–791.

10. *Лухменев В.П.* Регуляторы роста и иммуностимуляторы антистрессового действия на яровой пшенице // Вестник РАСХН. 2004. № 4. С. 18–20.

11. *Лухменев В.П.* Современная концепция интегрированной защиты посевов пшеницы и ячменя при адаптивной технологии их возделывания // Зерновое хозяйство. 2005. № 4. С. 2–6.

12. *Технология использования антистрессовых регуляторов роста и биофунгицидов совместно и протравителями семян и гербицидами на зерновых культурах.* Рекомендации. 2-е издание. Под ред. чл.корр. РАСХН, акад. АН РБ У.Г.Гусманова.– Уфа: Гилем, 2005. С.51.

13. *Гилязетдинов Ш.Я., Нугуманов А.Х., Пусенкова Л.И.* Эффективность антистрессовых препаратов и биофунгицидов в системе защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных абиотических и биотических факторов. – Уфа: Гилем, 2008. – 372 с.

14. *Хайруллин Р.М., Мубинов И.Г., Захарова Р.Ш., Недорезков В.Д.* Повышение устойчивости пшеницы к абиотическим стрессам эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* // Вестник ОГАУ. 2007. № 2. С.129–134.

15. Кузнецова Т.Н., Хайруллин Р.М. Средство для повышения всхожести семян злаковых растений в почвах, загрязненных тяжелыми металлами // Патент РФ № 2354690. Оpubл. 10.5.2009. Бюлл. № 13.

16. Зинченко В.А. О потенциальных скрытых потерях урожая при применении гербицидов на зерновых культурах // Агро XXI. – М., 2002. № 2. С. 2–3.

УДК 631.58:631.427:631.445.41

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

А.В. Дедов, Е.К. Глебова

Воронежский государственный аграрный университет, soil@agrochem.vsau.ru

Исследования проводятся на стационарном опыте кафедры земледелия. Опыт заложен в 1986 году по следующей схеме:

1. Пар (занятый ЗП) и сидеральный (Сд) – озимой вико-ржаной смесью, (контроль).
2. Пар + NPK (100) + 40 т/га навоза (Н) + пожнивной посев (сидерат в СП и на зеленый корм в ЗП горчицы сарептской (*Brassica juncea*), посеянной после уборки озимой пшеницы (ПП) + биологический урожай соломы озимой пшеницы (СП) – 5–7 т/га.
3. Пар + NPK (100) + Н + ПП
4. Внесение минеральных удобрений NPK (200) + ПП + 2СП.
5. Пар + NPK (50) + ПП + СП
6. Пар + NPK (100) + ПП + СП
7. NPK (150) + ПП + СП
8. NPK (200) + ПП + СП
9. NPK (150) + ПП + СП + 10 т/га дeфеката (Д)

Образцы почв для проведения лабораторных исследований отбирались по трем срокам (по всходам, фаза колошения и после уборки) из пахотного слоя. Отбор проб проводится на постоянных точках из пахотного слоя.

Важным показателем состояния органического вещества являются оптические свойства гумусовых веществ. Они в значительной мере позволяют оценить структуру и строение молекул гумусовых веществ (ГВ). К настоящему времени накоплен обширный материал, раскрывающий структуру ГВ, чему способствовало развитие новых методов анализа – ядерный магнитный резонанс, различные виды хроматографии, пиролитические методы, масс-спектрометрия, спектрофотометрия и т.д.

Для ГВ характерны активные и разнообразные взаимодействия с электромагнитными колебаниями во всех интервалах длин волн. Хорошо изучено поглощение света в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах. Надежная и строгая интерпретация всех видов взаимодействий затруднена. Однако оптические методы позволяют получить важную информацию о свойствах и строении ГВ.

Оптическая плотность ГВ зонального ряда почв была определена в работе Кононовой М.М. и Бельчиковой Н.П. (1950). Ими были получены спектры ГВ в видимой и УФ-областях. Спектры ГК имели монотонно убывающий характер по мере увеличения длины волны, что лишает их информативности. Недостатком этих работ является использование широкой полосы пропускания 25–50 нм. Уменьшив шаг до 5 нм можно получить уникальный материал, позволяющий достаточно уверенно раскрыть структуру молекул ГВ.

Поглощение света в ультрафиолетовой области спектра зависит от электронной структуры молекулы. Поглощение энергии – квантовый процесс, в котором электроны переходят с орбиталей основного состояния на орбитали возбужденных состояний с более высокими энергиями. Достоинством УФ-поглощения является его избирательность: характеристические группы могут быть определены в молекулах, сложность которых меняется в широких пределах. Именно такими являются молекулы ГВ, что и обусловило выбор метода исследований.

Отличительной чертой ГВ является высокая интенсивность поглощения света, что позволяет применять спектрофотометрический анализ в качестве чувствительного индикаторного и диагностического метода при обнаружении и изучении структуры молекул ГВ.

Оптическая плотность щелочных растворов гумусовых веществ (ГВ) может быть мерой соотношения углерода ароматических сеток к углероду боковых радикалов и степени окисленности молекул. Оптическая плотность определялась на спектрофотометре СФ-101. Максимальной оптической плотности соответствуют наиболее развитая цепь сопряженных двойных связей и большая степень окисленности.

Для характеристики полученных спектров использовали коэффициент цветности У. Шпрингера (отношение оптических плотностей при длинах волн 465 и 650 нм). Исследованиями установлено, что величина этого отношения не зависит от концентрации углерода в растворе, поэтому показатель цветности выгодно отличается от рекомендуемой Орловым Д.С. Е-величины, т.к. она рассчитывается на определенную концентрацию углерода в растворе. Это требует длительной и тщательной подготовки исследуемых растворов, которая, однако, не дает объективной информации. Уменьшение коэффициента цветности свидетельствует о возрастании степени конденсированности ГВ и уменьшении доли алифатической части.

Нами выявлено, что, величина оптической плотности и коэффициенты цветности на вариантах опыта довольно значительно изменяются по годам наблюдений. При этом общей тенденцией является повышение величины коэффициента цветности на всех вариантах опыта размещенных как по занятому, так и по сидеральному парам по отношению к 2002 году. Оно совпадает с повышением содержания гумуса, что означает накопление более окисленных форм гумусовых кислот с развитой алифатической частью молекул. Очевидно это продукты гумификации растительных остатков, поступающих в почву в значительном количестве. Величины коэффициентов цветности по вариантам опыта практически близки, что указывает на однотипность процессов трансформации растительных остатков.

Для выяснения направленности и интенсивности биотрансформационных процессов органического вещества нами определена оптическая плотность ГК, ФК и гумусовых кислот по годам наблюдений. В 2002 году на всех вариантах опыта величина коэффициента цветности групп гумусовых веществ варьировала в широких пределах 2.25–8.18, существенных различий между блоками не отмечается. Особенности группового состава гумуса проявляются по изменению величин коэффициента цветности. Максимальные величины коэффициентов цветности отмечаются у ФК, минимальные у гумусовых, а средние у ГК.

Максимальные различия между вариантами, размещенными по занятому и сидеральному парам характерны только для ФК (примерно в 1.5–2 раза). По величине коэффициента цветности ФК имеют максимальную степень окисленности, а гумусовые вещества минимальную.

В последующие годы сохраняются основные закономерности изменений величин коэффициентов цветности. Однако следует отметить возрастание коэффициента цветности гумусовых кислот от 2.25–2.91 в 2002 году до 3.31–3.72, что свидетельствует о накоплении более окисленных форм гумусовых веществ с развитой периферической частью молекул. Второй особенностью является некоторое уменьшение коэффициентов цветности ФК по всем вариантам опыта.

Для выявления особенностей изменения коэффициента цветности по годам исследований используем динамику этого показателя за исследуемый период, так как он тесно связан с содержанием углерода в группах гумусовых веществ и характеризует особенности строения молекул.

Как следует из полученных нами данных, за исследуемый период по всем вариантам опыта, размещенным как по занятому, так и по сидеральному парам отмечается повышение содержания углерода гумусовых кислот. Изменения содержания углерода по групповому составу носят неоднозначный характер и требуют дальнейшего изучения и уточнений.

Коэффициент цветности ГК по всем вариантам опыта остается практически стабильным (или с незначительными колебаниями), а у ФК он изменяется неоднозначно, но с намечающейся тенденцией уменьшению. Это свидетельствует о протекании процессов стабилизации гумусного состояния изучаемой почвы и формирования гумуса преимущественно чисто гуматного типа, что свидетельствует о правильности выбранных системы земледелия и применения удобрений.

УДК: 631.4.51

ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЁМА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ
СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЁМНОГО РАЙОНА РФ

И.Н. Донских¹, Ашрам Мазен Джумах², Н.Г. Мязин³, К. Е. Стекольников³

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург-Пушкин,

²Сирийская Арабская республика,

³Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж

Выщелоченные чернозёмы, являясь наиболее плодородными почвами, в последние десятилетия сельскохозяйственного использования претерпели существенные изменения. Наряду с процессами дегумификации, ухудшением агрофизических свойств, особую тревогу вызывает нарастающая тенденция к подкислению реакции, ухудшению физико-химических свойств и питательного режима.

В этой связи остро встаёт задача разработки таких систем удобрения, которые бы поддерживали плодородие современных деградированных чернозёмов на уровне получения 40–50 ц зерновых единиц с 1 га. Изучение влияния применения различных систем удобрения на агрохимические свойства чернозёма выщелоченного проводилось на основе длительного стационарного опыта, заложенного на опытном поле кафедры агрохимии Воронежского ГАУ им. К. Д. Глинки в 1987 году. Опыт состоит из 15 вариантов. Мы включили в программу исследований 6 вариантов: 1. – контроль; 2 фон – 40 т/га навоза за ротацию; 3. Фон + N₆₀P₆₀K₆₀ ежегодно; 4. Фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ ежегодно; 5. Фон + дефекат 28 т/га за ротацию; 6. Дефекат + N₆₀P₆₀K₆₀ ежегодно. Кроме того, для сравнения исследовалась целинная чернозёмная почва участок которой непосредственно примыкает к опытному полю кафедры. Опыт заложен в четырёхкратной повторности. В опыте возделывались следующие культуры в севообороте: пар чистый – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень – вико-овсяная смесь (однолетние травы) – озимая пшеница – ячмень. Опыт развёрнут во времени и в пространстве. Навоз и дефекат вносились один раз в шесть лет в чистом пару под озимую пшеницу. С 1987 года прошло 18 лет. Отбор образцов с целью определения агрохимических свойств произведён в 2004–2005 годах.

В условиях Центрального Чернозёмного района выщелоченные чернозёмы при длительном сельскохозяйственном использовании формируют кислую реакцию. При длительном применении органических и совместно органических и минеральных удобрений происходит возрастание обменной кислотности, особенно в верхнем сорокасантиметровом слое. Использование дефеката приводит к формированию нейтральной или слабокислой реакции. Гидролитическая кислотность особенно отчётливо проявляется в почвах вариантов, в которых испытывались органо-минеральные системы.

Наиболее высокие показатели ёмкости катионного обмена (ЕКО) характерны для целинного чернозёма (40.52–33.6 м-экв/100 г). Во всех изучаемых вариантах выщелоченный чернозём характеризуется показателями ЕКО более низкими (20.63–32.8 м-экв/100 г), чем в целинном чернозёме. Применение дефеката способствовало существенному уменьшению величины ЕКО в пределах всего почвенного профиля.

Самое высокое содержание обменного катиона Ca²⁺ (24.8–29.45 м-экв/100 г) приурочено к почве целинного участка. В почве всех испытываемых вариантов опыта содержание Ca²⁺ снижено до 10–18.5 м-экв/100 г. Особенно низким количеством Ca²⁺ характеризуется почва варианта «Фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀» – 10.0–12.8 мг-экв/100 г. Применение, дефеката несколько повышает уровень обеспеченности Ca²⁺ до 16.7–18.8 м-экв/100 г. Содержание обменного катиона Mg²⁺ наибольшим (5.84–8.45 мг-экв/100 г) было в целинном черноземе. В почве контрольного и фонового вариантов обеспеченность Mg²⁺ снижается, особенно в верхнем (0–40 см) слое. Длительное применение органо-минеральных систем удобрения способствовало увеличению количества Mg²⁺ до 6.17–8.75 мг-экв/100 г. Обедняются Mg²⁺ верхние горизонты (0–20 и 20–40 см) выщелоченного чернозема и при применении дефеката. Применение минеральных удобрений на фоне навоза способствовало снижению степени насыщенности основаниями изучаемой почвы до 68.5–76.05 %.

Наибольшее (0.302 %) содержание азота имеет целинная черноземная почва. В почвах опытных вариантов количество N существенно ниже. Применение минеральных удобрений в дозах N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ привело к максимальному уменьшению (0.201 %) содержания N. Наибольшее содер-

жание легкогидролизуемого N (139 мг N на 1 кг) сосредоточено в верхнем (0–20 см) слое целинного чернозема. Достаточно высоким оно было в нижележащих горизонтах – 82–103 мг/кг. Почвы контрольного и фонового вариантов характеризуются низкой обеспеченностью легкогидролизуемыми соединениями N. Применение минеральных удобрений на фоне навоза способствовало существенному обогащению почв этими соединениями N. Особенно отчетливо это возрастание наблюдается в почве варианта «Фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀» – 105–108 мг N на 1 кг.

Валовое содержание фосфора в целинном черноземе колеблется по профилю от 0.210 до 0.143 %. В почвах всех исследуемых вариантов количество фосфора выше, чем в целинном черноземе. Особенно отчетливо это увеличение содержания P наблюдалось при длительном применении органо-минеральных систем удобрения – 0.443–0.328 %. В почвах вариантов, в которых испытывался дефекаат, количество P снижено до 0.276–0.338 %.

Все почвы испытываемых вариантов характеризуются низким содержанием водорастворимых фосфорных соединений – 4.0–10.0 мг P₂O₅ на 100 г. Применение органо-минеральных систем удобрения способствовало возрастанию количества этих соединений P. Содержание фосфатов, извлекаемых 0.5 N CH₃COOH (метод Чирикова), в почве целинного участка изменяется по профилю в пределах 6.75–9.5 мг/100 г. Более высокая обеспеченность данными фосфатами характерна для почв контрольного и фонового вариантов. Минеральные удобрения на фоне навоза обеспечили существенное повышение количества фосфатов второй группы. Количество фосфатов, извлекаемых 0.5 N HCl (третья группа) в целинном черноземе небольшое – 7.25–11.25 мг/100 г. Количество их в почвах контрольного и фонового вариантов более высокое – 17.7–23 мг/100 г. Применение минеральных удобрений на фоне навоза обеспечило значительную аккумуляцию этих соединений P в верхнем (0–40 см) слое – 23–27 мг/100 г.

Наименьшее суммарное содержание всех трёх групп фосфатов характерно для почвы целинного участка – 23–27.5 мг P₂O₅ на 100 г. Более высокая аккумуляция минеральных фосфатов наблюдается в почвах всех испытываемых вариантов. Но наиболее высокое содержание их (42–45.5 мг P₂O₅ на 100 г) приурочено к почвам вариантов «фон + N₆₀P₆₀K₆₀» и «фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀».

Содержание органических соединений P колеблется в пределах 122–157 мг/100 г. Органические удобрения в фоновом варианте способствовали увеличению их, особенно в слое 0–40 см. Минеральные удобрения в варианте «фон + N₆₀P₆₀K₆₀» привели к понижению количества органофосфатов по сравнению с почвой фонового варианта, а дозы N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ наоборот, увеличили степень обеспеченности почвы этими соединениями P.

Более детальное фракционирование минеральных фосфатов по методу Гинзбург-Лебедевой показало, что содержание наиболее подвижной фракции фосфатов (Ca-P_I) в почве целинного участка изменяется от 5.69 до 9.38 мг P₂O₅ на 100 г. Систематическое длительное применение минеральных удобрений способствовало тому, что легкоподвижная фракция соединений P возросла в горизонте 0–40 см до 11–11.6 мг P₂O₅ на 100 г. Применение дефекаата на фоне минеральных удобрений обеспечило высокую аккумуляцию этой группы фосфатов в слое 0–40 см – 11.1–12.8 мг P₂O₅ на 100 г.

Содержание фосфатов кальция (Ca-P_{II}) в почвах целинного участка значительно превышает количество P этой группы в почвах других вариантов. Наиболее высокая аккумуляция этих фосфатов происходит в нижней части профиля. В почвах испытываемых вариантов максимальное количество фосфатов данной группы приурочено к верхним горизонтам (0–20 и 20–40 см).

Фосфаты алюминия (Al-P) в почвах исследуемых вариантов аккумулируются в меньших количествах, чем фосфаты Ca-P_{II}. Содержание фосфатов железа (Fe-P) значительно более высокое, чем количество фосфатов Al. Особенно значительной аккумуляцией этих соединений P обладают почвы вариантов с органо-минеральными системами.

Содержание труднорастворимых фосфатов Ca (Ca-P_{III}) самое высокое из всех рассмотренных фракций минеральных фосфатов (32–55 мг P₂O₅ на 100 г). В целинном черноземе эта фракция аккумулируется в больших количествах в глубоких горизонтах, а в почве контрольного варианта максимальное их содержание приурочено к слою 0–20 см. В почве фонового варианта эта фракция фосфатов распределена равномерно по профилю. Минеральные удобрения увеличили количество этих соединений P только при применении доз N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Наиболее высокий удельный вес минеральных фосфатов во всей массе почвенного P – 49–71 % характерен для почвы целинного участка. Достаточно высока их доля – 42–54 % в почве контрольного варианта. В почвах вариантов с органо-минеральными системами удобрения относи-

тельная доля этих соединений Р снижена до 28–43 %. В верхних горизонтах почв всех вариантов (0–20 и 20–40 см) она более низкая, чем в остальной части профиля.

Содержание обменного катиона калия (метод Мачигина) в почвах изучаемых вариантов изменяется незначительно. Более существенные изменения наблюдаются в содержании подвижных (обменных) соединений К, определенных по методу Чирикова. Применение органо-минеральных систем удобрения способствовало увеличению содержания данной группы соединений калия.

Содержание необменного калия в почвах исследуемых вариантов высокое – 64–82 мг К₂О на 100 г почвы. Более высокое оно в почвах вариантов «фон + N₆₀P₆₀K₆₀», «фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀» и «Фон + дефекат» – 80–82 мг К₂О на 100 г. Содержание гидролизуемых (70 % HNO₃) соединений К изменяется в широких пределах. Наиболее обеспеченными этой группой соединений калия являются почвы вариантов, в которых испытывался дефекат.

Показатели калийного потенциала рК почв исследуемых вариантов колеблются незначительно. Самая высокая величина рК характеризует горизонт 0–20 см почвы варианта «фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀». В других горизонтах почвы этого варианта рК равняется 3.84–3.88. В почвах всех других вариантов опыта показатели рК изменяются от 3.75 до 3.9.

Систематическое длительное применение органо-минеральных систем удобрения привело к снижению показателей РВС^к. Особенно отчетливо это снижение происходит в верхних (0–20 и 20–40 см) горизонтах. Применение дефеката на фоне навоза приводило к возрастанию показателей РВС^к, в то время как на фоне минеральных удобрений, наоборот, величины РВС^к были более низкие.

УДК 631.417

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПОСТАГРОГЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

А.А. Ерохова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, yesandra@mail.ru

Почвы играют важную роль в биогеохимическом цикле углерода. На долю органического вещества почв приходится 80 % наземного пула углерода. В связи с проблемой глобального изменения климата особую актуальность приобретает оценка запасов органического вещества почв, так как даже относительно небольшое их изменение может значительно повлиять на уровень углекислого газа в атмосфере.

В последние годы в России большие площади пахотных земель были выведены из сельскохозяйственного оборота и находятся на разных стадиях зарастания лесом. В ряде областей Нечерноземья (Псковская, Костромская, Вологодская и др.) заброшено и зарастает молодняком мелколиственных пород до 40–60 % пахотных земель (Замолодчиков, 2005).

Целью нашей работы является характеристика динамики содержания и запасов органического углерода в почвах постагрогенных биогеоценозов южной тайги.

Объект и методы исследования. Исследования проводились в Парфеньевском районе Костромской области. Были изучены два хроноряда постагрогенных биогеоценозов.

Первый хроноряд, характеризующий естественное зарастание пахотных освоенных дерново-подзолистых почв, представлен среднесуглинистыми дерново-подзолистыми почвами под пашней (посев овса), разнотравно-злаковым лугом (залежь 7 лет), молодым лесом с густым травяным покровом (залежь 20 лет), лесом 45 лет и ельником 80–100-летнего возраста.

Второй хроноряд характеризует зарастание сенокосных угодий и его представляют дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы под сенокосным угодьем, молодым лесом 17 лет, лесом 50 и лесом 140–150 лет.

Все пробные площади расположены на водоразделе на расстоянии 100–250 м друг от друга; почвообразующей породой является покровный суглинок, подстилаемый мореной.

На всех пробных площадях были заложены почвенные разрезы. В каждом почвенном горизонте определялась плотность почв и отбирались образцы для определения содержания углерода. В гумусовом горизонте образцы отбирались из его верхнего и нижнего слоев. На пашне отбор образцов производился из гумусового горизонта без деления его на слои, так как пахотный горизонт ежегодно перемешивается в процессе обработки почвы. Для изучения пространственного варьиро-

вания содержания органического углерода в почве на участке 20×20 м² вокруг разрезов случайным образом было заложено по 20 прикопок, в которых из верхнего и нижнего слоев гумусового горизонта отбирались образцы почвы. На участках под лесом старше 45 лет для того, чтобы зависимость пространственной вариабельности запасов подстилки и содержания углерода в почве от пространственной структуры растительного покрова, отбор образцов проводился по трансектам. На каждом участке было заложено по 5 трансект, где по прямой линии от одного дерева до другого отбирались образцы почв и подстилок в 5 точках около стволов, под кроной и в окне между деревьями. Образцы подстилки отбирались рамкой 25×25 см². Содержание органического углерода было определено по методу Тюрина в модификации Никитина.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенных исследований показали, что при зарастании освоенных дерново-подзолистых почв тяжелого гранулометрического состава (хроноряд 1) происходит увеличение содержания органического углерода в верхнем слое старопашотного горизонта, а в его нижнем слое различия содержания углерода на разных стадиях зарастания пашни статистически не значимы (рис.1).

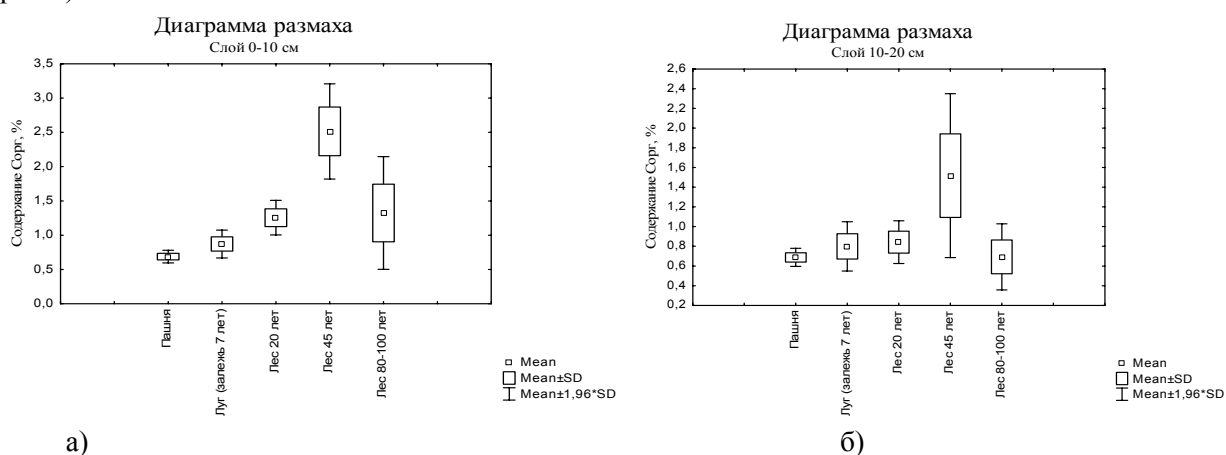


Рисунок 1. Динамика содержания органического углерода в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв первого хроноряда: а) – в верхнем слое гумусового горизонта; б) – в нижнем слое.

Повышенное содержание углерода в почве 45-летнего ельника, по сравнению со 100-летним объясняется тем, что в 45-летнем лесу лучше развит травяной ярус. По полученным нами данным в этом биогеоценозе запасы подземной биомассы трав и мелких корней деревьев выше, чем в более зрелом лесу. В 45-летнем лесу запасы подстилки составляют 1 кг/м², что в два раза ниже, чем в 100-летнем лесу и она более интенсивно разлагается. По данным Ананьевой с соавторами (2009) содержание углерода микробной биомассы и скорость микробного продуцирования CO₂ в 45-летнем лесу в полтора раза выше, чем в ельнике 80–100-летнего возраста. При зарастании пашни лесом происходит дифференциация старопашотного горизонта по содержанию углерода, о чем свидетельствует увеличение стратификационных отношений (отношение содержания С в верхнем и нижнем слоях старопашотного горизонта). В рассматриваемом ряду они изменяются от 1.1 на семилетней залежи под луговой растительностью до 1.5, 1.6, и 2 в почвах молодого, 45-летнего и зрелого леса соответственно.

В процессе естественного зарастания пашни лесом изменяется не только содержание органического углерода, но и его пространственная вариабельность. По мере формирования лесных биогеоценозов увеличивается пространственная вариабельность содержания углерода в почве. При переходе от пашни к луговой стадии зарастания и зрелому лесу стандартное отклонение увеличивается соответственно в 1.5–2, 3 и 5–8 раз.

При зарастании сенокоса (хроноряд 2) статистически значимое увеличение содержания углерода отмечено только на стадии 50-летнего леса.

Данные, характеризующие изменения запасов углерода в почвах изучаемых хронорядов представлены на рис. 2.

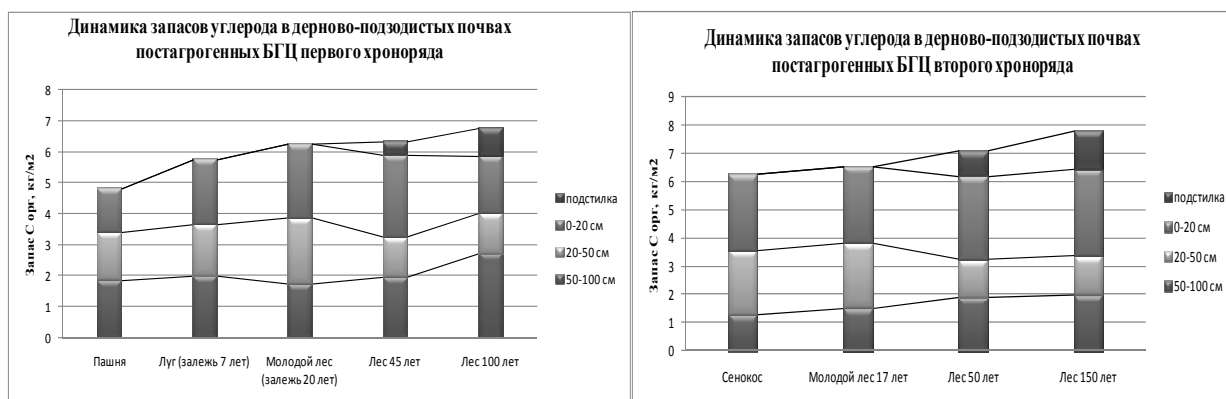


Рисунок 2. Изменение запасов углерода в дерново-подзолистых почвах при естественном зарастании пашни и сенокоса.

В результате зарастания лесом освоенных пахотных дерново-подзолистых почв общие запасы органического углерода в почвенном профиле увеличиваются. Это происходит за счет углерода подстилки и увеличения запасов углерода в верхнем и нижнем минеральных слоях почвенной толщи. В элювиальных горизонтах E и EB (слой 20–50 см) при переходе к лесной стадии зарастания запасы углерода снижаются, что свидетельствует о более активной миграции органического вещества в профиле лесных почв.

Результаты изучения динамики запасов углерода в почве при зарастании сенокосов показали, что в минеральной толще почвы они практически не изменились, а увеличение общего запаса углерода в лесных почвах происходит за счет углерода подстилки. Отмечено перераспределение запасов углерода в пределах профиля. В почве 150-летнего ельника снижаются запасы углерода в элювиальном слое (20–50 см) и увеличиваются в иллювиальном (50–100 см).

Таким образом, при естественном зарастании лесом освоенных пахотных дерново-подзолистых почв тяжелого гранулометрического состава увеличиваются содержание углерода в гумусовом горизонте и его запасы в почвенном профиле. Четко прослеживается дифференциация старопахотного горизонта по содержанию углерода. Стратификационное отношение увеличивается от 1.1 на залежи 7 лет до 2 во вторичном ельнике 80–100-летнего возраста, в котором морфологически прослеживается граница старопахотного горизонта.

При зарастании сенокоса увеличение запасов углерода происходит за счет углерода подстилки, тогда как в минеральной толще почвы запасы углерода практически не изменяются, но отмечается их перераспределение в пределах профиля.

При переходе к лесным биогеоценозам увеличивается внутрибиогеоценозная пространственная вариабельность содержания углерода в гумусовом горизонте почв, обусловленная влиянием пространственной структуры растительного покрова в лесу.

УДК. 631.4

ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЙ РАДИОУГЛЕРОДА В ЧЕРНОЗЕМАХ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В 1900–2009 ГОДАХ

И.В. Иванов

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН Г.Пушино,
ivanov-v-28@mail.ru

Рассмотрена динамика концентраций ^{14}C в % от эталона NBS и их запасов (в условных единицах, у.е.=Сгк (от почвы) x объемную массу x ^{14}C % от NBS) в черноземах Восточно-Европейской равнины за последние 100 лет: в 1900, 1964–1970, 1971–1983, 1997–2003 и 2008–2009 годах.

Концентрации и запасы ^{14}C в гумусе черноземов в 1900 и 2008–2009 годах можно считать фоновыми. (Рисунок). Для них характерно уменьшение от 88–89 % (средние значения) на глубине 2–5 см до 62 % на 50-ти см и до 50 % на глубине 90 см. Уменьшение это происходит ступенчато, что отражает условия формирования гумуса в былые эпохи на этих глубинах. Градиенты уменьшения содержаний гумуса (Сорг, ^{12}C) и ^{14}C с глубиной хорошо согласуются друг с другом и имеют общие причины.

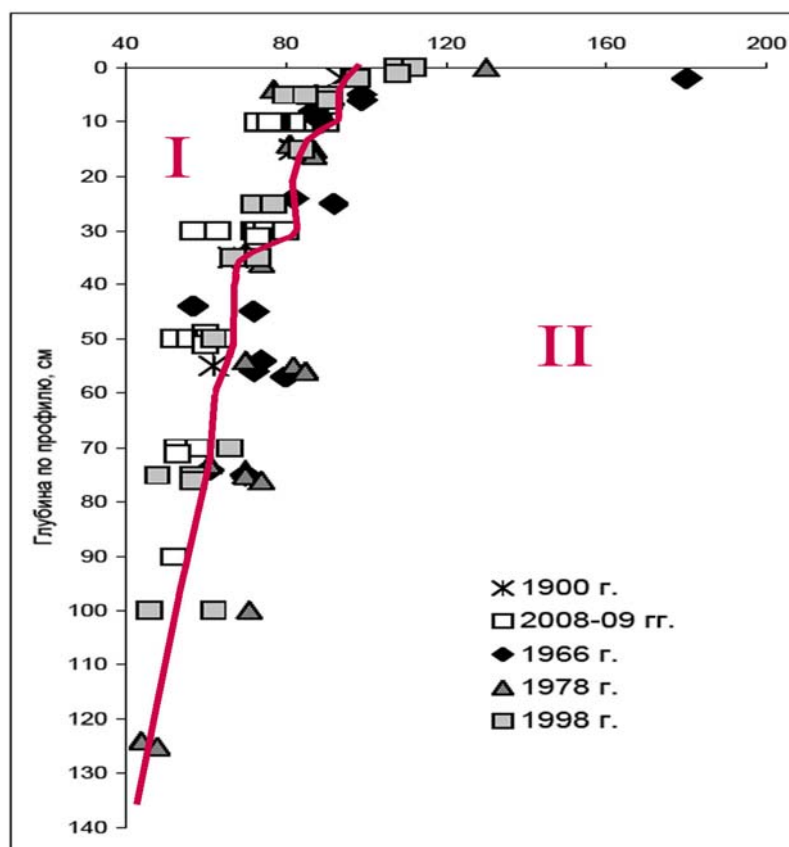


Рисунок. Изменения концентраций ^{14}C в черноземах в разные периоды в % от эталона NBS (40–200 %): Поле I – фоновые значения ^{14}C , линия – граница максимальных фоновых концентраций. Поле II – значения ^{14}C , обусловленные «бомбовым» загрязнением

Известно, что половинное содержание ^{14}C от исходного, т.е., от равновесного содержания в незагрязненной атмосфере (эталон отражает его примерно для 1850–1890 годов) остаётся в объекте через 5730 лет времени распада (период полураспада) без поступления свежего органического вещества.

Однако, содержание ^{14}C почве определяется не только радиоактивным распадом. Обновление углерода в гумусе препятствует «старению» гумуса, и реальный возраст гумуса в верхних 30 см всегда меньше величины mrt (среднего времени пребывания углерода в гумусе). Реальное среднее время обновления гумуса в них равно 245 годам, $\text{mrt} \sim 1800$ лет. Примерно половина гумуса обновляется здесь со скоростью до 100 лет (лабильный гумус), другая (консервативный гумус) – со скоростью до 3500 лет.

В 1964–1970 гг. после интенсивных ядерных взрывов в атмосфере (1958–1962 гг.) гумус черноземов был загрязнен «бомбовым» углеродом. Наибольшее загрязнение вначале наблюдалось в слоях 0–10 и 0–30 см. На 1966 г. оно превышало фоновые концентрации, соответственно, на 14 и 7–12 % в этих слоях и на 4–12 % от эталона в нижней части профиля. На протяжении первого десятилетия (~ за 1966–1978 гг.) верхние 0–30 см самоочистились от «бомбового» ^{14}C путем его биоминерализации совместно с Сорг и замены «старых» фрагментов химических структур на «молодые» при самообновлении гумуса, а также вследствие миграции загрязнённого вещества в нижние слои.

К 1978 годам (округленно) гумус черноземов интервале 40–100 см был загрязнен радиоуглеродом сильнее, чем в 1966 годах, на 3–9 % от эталона вследствие его миграции в почвенной массе и поступления сверху по корням с последующим их отпадом и разложением. На протяжении 1978–2008 годов гумус черноземов полностью самоочистился от «бомбового» ^{14}C .

Загрязнение гумуса черноземов в почвенной массе «бомбовым» ^{14}C не было сплошным и непрерывным. Часть элементов почвенной массы оставались незагрязненными. Атомы ^{14}C (вместе с ^{12}C) закреплялись в периферических частях химических структур гумуса. Наибольшему загрязне-

нию подвергались кислоторастворимые фракции гумуса (КР) и активные части негидролизующего остатка. Загрязнение КР достигало 122–163 % от эталона.

Основным механизмом самоочищения почвы от радиоуглерода является постоянный обмен существующих фрагментов химических структур гумусовых соединений на таковые свежего органического вещества, поступающего в почвы, с содержанием ^{14}C равновесным с атмосферным, то есть, за счет процесса самообновления углерода в гумусе, как это было показано А.Д. Фокиным. Уменьшение концентрации ^{14}C в почве с глубиной определяется изменением соотношения процессов радиоактивного распада и обновления всего гумуса (углерода). В верхних горизонтах ведущая роль принадлежит процессам обновления в связи с поступлением свежего органического вещества. В нижних горизонтах почв в связи с уменьшением его поступления и «растягиванием» процесса во времени ведущая роль переходит к процессу радиоактивного распада.

Исследование динамики загрязнения и самоочищения гумуса от «бомбового» ^{14}C позволяют получить представление о скоростях и сравнительной роли процессов выноса, аккумуляции и биоминерализации соединений гумуса в почвенном профиле.

Получены также данные о возможном влиянии погодных–климатических условий на процессы загрязнения – самоочищения гумуса от «бомбового» радиоуглерода и, в целом, на процессы гумусообразования и миграции соединений гумуса в профиле.

ЛИТЕРАТУРА

Иванов И.В., Хохлова О.С., Чичагова О.А. Природный радиоуглерод и особенности гумуса современных и погребенных черноземов. //Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 6.

Иванов И.В., Хохлова О.С., Галицкий В.В., Чичагова О.А. Зазовская Э.П. Радиоуглеродное загрязнение и самоочищение черноземов Восточно-Европейской равнины в 1900–2008 годах. //Почвоведение. 2011. В печати.

Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. – Л.:1987.

Дергачева М.А. Система гумусовых веществ в почвах. – Новосибирск, Наука. 1989.

Черкинский А.Е. Радиоуглеродный метод в изучении трансформации гумусовых кислот //Почвоведение. 1992. №1.

Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. – М.: Наука. 1985.

Фокин А.Д. Включение органических веществ и продуктов их разложения в гумусовые вещества почвы // Изв. ТСХА. 1974. Вып.6.

УДК 631.42

ВЛИЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ ДИГРЕССИИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАШТАНОВО-СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ МАНЫЧА

Л.П. Ильина, Д.Г. Невидомская, К.С. Сушко

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

iljina@ssc-ras.ru, nevidomskaya@ssc-ras.ru, kirrka@yandex.ru

Современная Манычская долина представляет собой широкое понижение, расчлененное многочисленными мелкими водотоками, озеровидными впадинами и лиманами. В настоящее время прогрессирующее засоление почв данной территории определяется природными и антропогенными факторами. Высокая минерализация водоемов Маныча и тенденция ее роста (главным образом оз. Маныч-Гудило) обусловлена следующими основными причинами: дефицит речного стока, особенно донского, слабая проточность; литологический состав пород, слагающих водосбор, берега и дно водоемов; возвратные коллекторно-дренажные воды с оросительных систем и напорные подземные воды с минерализацией 2.5–4.0 г/л (Матишов и др. 2006). Учитывая, что лессовидные породы засолены, они имеют повышенное содержание хлоридов и сульфатов кальция, магния, в особенности, натрия, а также то, что преобладающие в первом метровом слое легкорастворимые соли нередко находятся выше горизонта скопления карбонатов, то в засоленных почвах получают развитие процессы периодического поднятия этих солей до солонцовых горизонтов (Минкин и др., 1980).

В результате проведенных экспедиционных исследований по изучению почвенного покрова долины Маныча в период 2006–2010 г.г. было выявлено, что основным зональным типом в почвенном покрове исследуемой территории является каштановый. Встречаются подтипы каштаново-

вых, темно-каштановых, светло-каштановых почв, а также тип лугово-каштановых. Они представлены следующими родами: карбонатные, солонцеватые, солончаковатые. Среди засоленных типов почв отмечены солонцы каштановые и солончаки. Следует отметить, что часто незасоленные каштановые почвы залегают в комплексе с засоленными, что приводит к образованию каштаново-солонцовых почвенных комплексов. Как правило, степные каштаново-солонцовые комплексы включают от 3 до 5 разновидностей почв (Маньич-Чограй: история и современность, 2005; Ильина, Невидомская, 2007).

Для изучения влияния пастбищной нагрузки на почвенный и растительный покров проводятся многолетние комплексные исследования на базе Научно-экспедиционного стационара «Маньич» Южного научного центра РАН (Орловский район Ростовской области), на территории охранной и заповедной зон биосферного заповедника «Ростовский».

В 2008 г. были заложены 6 модельных участков площадью 1 га с преимущественно равнинным (0–1°) или слабопологим (1–2°) рельефом. Выбранным участкам свойственны основные стадии пастбищной дигрессии, выделенные согласно предварительным результатам геоботанических исследований, а также с учётом литературных данных (Горбачев, 1974; Немцева, Булгаков, 2009).

1. *Выпаса нет* – сообщества не трансформированы. Чаще всего это галофитные и луговые сообщества, где преобладают ковыли *Stipa lessingiana*, в меньшей степени *S. capillata*, реже *S. ukrainic* и *S. sapertan*), иногда житняк пустынный *Agropyron cristatum* (участок 1).

2. *Минимальная* – имеет место незначительное нарушение растительности под воздействием редкого выпаса, господствуют ковыли *Stipa lessingiana*, *S. capillata*, реже *S. ukrainica*, *S. sapertan* (участок 2).

3. *Слабая* – сбой растительности носит регулярный, ежегодный характер. Господствует типчак *Festuca valesiaca s.l.*, поэтому эту степень нарушенности можно соотнести с типчаковой стадией пастбищной дигрессии (участок 3).

4. *Умеренная* – сбой носит значительный характер, доминируют житняк гребенчатый *Agropyron cristatum*, полыни *Artemisia lechiana* и *A. santonica* для засоленных почв и *A. austriaca* – для слабозасоленных участков, ромашник *Matricaria perforata* (участок 4).

5. *Сильная* – как правило, происходит замещение коренных степных сообществ рудеральными с доминированием мятлика живородящего *Poa crispa* (условно соответствует метлицевой стадии пастбищной дигрессии) (участок 5).

6. *Очень сильная* – в целом соответствует эфемерово-стадии, при этом в степных сообществах преобладают однолетники-эфемеры и гемиэфемеры (рогач песчаный *Ceratocarpus arenarius*, хориспора нежная *Chorispora tenella*, пастушья сумка *Capssella bursa-pastoris*, костер японский *Bromus japonicus* и др.) (участок 6).

Во время полевых экспедиций в разные сезоны (весна–лето–осень) на всех модельных участках в почвенных образцах были определены морфолого-генетические показатели (цвет, структура, гранулометрический состав, новообразования и др.), а также влажность, плотность, сухой остаток, карбонаты и гумус по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970; Орлов, Гришина 1981). Полученные результаты по характеристике агрофизических показателей модельных участков с различной степенью пастбищной нагрузки в 2010 г. представлены в таблице 1. Следует отметить, что только один участок без пастбищной нагрузки незасолен (сухой остаток 0.97–0.1 %) и на нем формируются каштановые карбонатные незасоленные почвы, все остальные модельные участки характеризуются развитием солонцового процесса с образованием каштановых солонцеватых почв. Наиболее засолены почвенные горизонты участков с сильной и очень сильной степенью пастбищной нагрузки на глубине 20–50 см, где величина сухого остатка составляет 1.60–1.65 % (табл. 1).

По сравнению с данными 2009 г. степень засоления изученных участков существенно не изменилась. По показателю влажности выявлено, что наиболее увлажнены почвы модельных участков, где отсутствует пастбищная нагрузка, а также со слабой и умеренной степенью, где в верхних горизонтах полевая влажность была 30.24–42.10 %, а в нижележащих не превышала 52.77 % (табл. 1). На участках с сильной и очень сильной степенью пастбищной нагрузки полевая влажность не превышала 27.09 % в верхних горизонтах и 42.15 % в нижних. Сравнительный анализ с данными 2008–2009 гг. показал, что четко прослеживается закономерность – все модельные участки с сильной и очень сильной степенью выпаса подвергаются интенсивному иссушению и деградации (особенно ветровой эрозии) в связи с изреженным растительным покровом, низким травостоем, невысокими значениями биомассы растений и др. Отмечено, что при интенсивной пастбищ-

ной нагрузке происходит выбивание почв скотом (перевыпас), что сопровождается возрастанием щебнистости и каменистости на поверхности почвы. Определение плотности показало, что в почвах без пастбищной нагрузки и с минимальной степенью этот показатель составляет 0.75–1.01 г/см³ (в слое 0–20 см) и 1.24–1.31 г/см³ (в слое 20–50 см), с увеличением пастбищной нагрузки происходит уплотнение почвы и особенно верхних горизонтов до 1.35–1.37 г/см³, в нижележащих до 1.42–1.56 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика агрофизических показателей модельных участков с различной степенью пастбищной нагрузки

Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Сухой остаток, в %	Влажность почвы, W, %	Плотность почвы P, г/см ³	СО ₂ карбонатов, %
Участок 1 (контроль) – отсутствует пастбищная нагрузка, каштановая карбонатная незасоленная почва					
0–20	3.84	0.12	32.18	1.01	1.09
20–50	2.70	0.83	52.74	1.32	1.78
Участок 2 – минимальная степень пастбищной нагрузки, каштановая слабосолонцеватая почва					
0–20	2.68	0.10	42.10	0.75	1.05
20–50	1.87	0.97	50.62	1.24	1.42
Участок 3 – слабая степень пастбищной нагрузки, каштановая среднесолонцеватая почва					
0–20	2.58	0.16	35.41	0.97	1.11
20–50	2.01	0.80	52.77	1.49	1.35
Участок 4 – умеренная степень пастбищной нагрузки, каштановая сильносолонцеватая почва					
0–20	2.12	0.12	30.24	1.15	0.84
20–50	1.40	0.95	52.10	1.35	1.49
Участок 5 – сильная степень пастбищной нагрузки, каштановая среднесолонцеватая эродированная					
0–20	1.95	0.34	25.12	1.35	0.65
20–50	1.10	1.58	37.25	1.56	1.28
Участок 6 – очень сильная пастбищная нагрузка, каштановая сильносолонцеватая, сильноэродированная почва					
0–20	1.35	0.46	23.20	1.37	0.23
20–50	1.12	1.60	38.05	1.58	1.09

Выявлено, что наиболее гумусированны почвы на участках с ненарушенной растительностью, а также с минимальной и слабой степенью пастбищной нагрузки, которые по градации обеспеченности почв гумусом Д.С. Орлова (1981) характеризуется средней степенью. Модельные участки с сильной и очень сильной степенью пастбищной нагрузки имеют низкое содержание гумуса. Определение карбонатов в почвах всех участков показало, что максимальное их количество находится на глубине 20–50 см. Четкой закономерности изменения этого показателя при пастбищной дигрессии не было установлено (табл. 1).

Таким образом, по предварительным результатам исследований можно сделать вывод, что при разной пастбищной нагрузке в почвах в первую очередь изменяются агрофизические показатели – гумус, плотность, сухой остаток (засоленность) и влажность. При сильной пастбищной нагрузке значение плотности верхних слоев практически может соответствовать этому показателю в солонцовом горизонте. Все пастбищные почвы в градиенте умеренная степень – сильная степень – очень сильная степень пастбищной нагрузки диагностируются низкой степенью обеспеченности гумусом, который является интегральным показателем плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд. МГУ. 1970. 487 с.
2. Горбачев Б.Н. Растительность и естественные кормовые угодья Ростовской области. Ростов-на-Дону: Ростов. кн. изд. 1974. 152 с.

3. *Ильина Л.П., Невидомская Д.Г.* Солевой режим каштаново-солонцовых комплексов долины Маныча// Вестник Южного научного центра РАН. 2007. Т.3. № 4. С.47–52.
4. *Маныч-Чограй: история и современность (предварительные исследования).* Ростов-на-Дону: Изд. «Эверест», 2005. 152 с.
5. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргона Ю.М.* Современные особенности солевого режима водоемов бассейна р. Маныч. //ДАН. 2006. т.406. № 3. С.1–3.
6. *Минкин М.Б., Бабушкин В.М., Садименко П.А.* Солонцы юга-востока Ростовской области. Ростов н/Д.: Изд – во РГУ, 1980. 271 с.
7. *Немцева Л.Д., Булгаков Т.С.* Анализ пастбищной дигрессии степных экосистем заповедника «Ростовский» методами ГИС и ДЗЗ/ Растительность Восточной Европы: классификация, экология и охрана. Материалы международной научной конференции (Россия, г. Брянск, 19 окт. –21 окт. 2009 г.). Брянск: Изд-во «Ладомир». 2009. С. 155–159.
8. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд. МГУ, 1981. 271 с.

УДК 631.427:631.445.41

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ

К.С. Имукова

Воронежский государственный аграрный университет, soil@agrochem.vsau.ru

Интенсификация земледелия, в частности ее важнейшая составная часть – химизация, существенно влияет на современный почвообразовательный процесс. Наиболее характерным показателем биологической активности почвы является активность широко распространенных в природе, в том числе и в почве, ферментов, обеспечивающих процессы превращения в почве углерода, азота и фосфорсодержащих органических соединений. В биохимических реакциях, происходящих в живых организмах, молекула кислорода сначала восстанавливается до иона перекиси, который, соединяясь с ионами водорода, образует перекись водорода – токсичное для живых организмов вещество. Фермент каталаза участвует в разложении перекиси водорода по схеме Пейве Я. В. (1961) с образованием молекулярного кислорода и воды в качестве конечных продуктов. Образование этого фермента в почве связано главным образом с деятельностью почвенных водорослей и грибов (Щербакова Т.А., 1983), а также корней высших растений (Величко Е. Б., Воронцова Л. А., 1996).

По степени активности каталазы судят о направленности проходящих процессов (Галстян А. Ш., Григорян К. В., 1986). Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью и может накапливаться и длительное время сохраняться в почве. По мнению ряда авторов, активность каталазы в почвах может служить объективным показателем ее биологической активности (Кононова М. М., 1970). Необходимо отметить, что, осуществляя функциональные связи между основными составляющими экосистемы – почвой и населяющими ее живыми организмами через механизмы вещественно-энергетического обмена, ферменты способствуют поддержанию целостности и устойчивости системы.

Из методов биодиагностики состояния почв ферментативная активность является наиболее перспективным, так как активность ферментов характеризуется большей устойчивостью, как показатель биогенности почвы, чем интенсивность микробиологических процессов, продуцирование почвой CO₂, количественный и качественный состав микрофлоры и зоофауны.

Определение ферментативной активности почвы позволяет судить об интенсивности и направленности биохимических процессов, протекающих в почве, особенно под влиянием антропогенных факторов, регулирующих условия жизнедеятельности растений и микроорганизмов. Влияние удобрений на ферментативный потенциал почвы многосторонне: прямое – через действие на накопленные в почве ферменты и косвенное – путем изменения ферментативного пула почвы в результате ингибирования или стимуляции роста почвенных организмов и растений, продуцирования ими ферментов в почву.

Исследования выполнены в стационарном опыте кафедры агрохимии. Опыт заложен в 1987 году. Схема опыта включает 15 вариантов. Нами использованы варианты опыта: контроль абсолютный и органического фона (40 т/га навоза) 1 и 2 варианты, с одной N₆₀P₆₀K₆₀ и двойной

N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ дозами, дефекаат 20 т/га на фоне навоза и дефекаат с N₆₀P₆₀K₆₀, варианты 3, 5, 13 и 15 соответственно. Для установления интенсивности антропогенного воздействия на почву использованы образцы целинного аналога изучаемой почвы. Образцы почвы отбирались послойно до глубины 1 м с шагом 20 см. В опыте освоен 6-польный севооборот со следующим чередованием культур: черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, вико-овсяная смесь, озимая рожь, ячмень.

Объект исследований: чернозем выщелоченный малогумусный среднесиловый тяжелосуглинистый стационара кафедры агрохимии, со следующей характеристикой: содержание гумуса 4.6 %; рН_{KCl} 5.2–5.5; гидролитическая кислотность 5.2–7.0 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований 26.3–30.3 мг-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями 79–85 %. Активность каталазы определена по Хазиеву газоволюметрически, статистическая обработка данных проведена с использованием программы Statistic.

По нашим данным активность каталазы неодинакова как по вариантам опыта, так и по профилю изучаемой почвы. По величине активности каталазы в пахотном слое варианты опыта образуют ряд в порядке уменьшения: контроль абсолютный, целина, варианты с дефекаатом на органическом и органоминеральном фонах и варианты органического фона, с одной и двойной дозами минеральных удобрений, 3.9, 3.8, 3.6, 3.0, 2.2, 2.2, и 2.2 О₂/см³ соответственно.

В слое 20–40 см активность каталазы возрастает по всем вариантам опыта, за исключением варианта с двойной дозой минеральных удобрений, где она снижается по всему профилю до минимального уровня.

Минимальная активность каталазы по всем вариантам опыта наблюдается в слое 60–80 см, за исключением варианта с двойной дозой минеральных удобрений, где она уменьшается до 0.2 О₂/см³ в слое 80–100 см. По величине активности каталазы в этом слое варианты опыта образуют ряд в порядке уменьшения: целина, дефекаат на органоминеральном фоне, контроль абсолютный, дефекаат на органическом фоне, с одной дозой, вариант органического фона, 2.9, 2.9, 2.9, 2.6, 1.7 и 1.6 О₂/см³ соответственно.

Следует отметить, что и просто распашка, а также внесение органических, минеральных удобрений и мелиоранта изменяют активность каталазы по всему профилю изучаемой почвы. Однако эти изменения неодинаковы и разнонаправлены, они зависят как от системы применения удобрения, так и от внесения мелиоранта. Использование чернозема выщелоченного в пашне, применение органических и минеральных удобрений существенно снижает активность каталазы по всему профилю. Наиболее существенные изменения активности каталазы наблюдается на варианте с внесением двойной дозой минеральных удобрений.

Внесение дефеката по органическому и особенно по органо-минеральному фону существенно повышает активность каталазы до уровня близкого к целинному аналогу.

Таким образом, кальциевый мелиорант компенсирует отрицательный эффект внесения минеральных и органических удобрений.

Изменение активности каталазы по профилю изучаемой почвы происходит практически синхронно на всех вариантах опыта, за исключением варианта с двойной дозой минеральных удобрений. Наименьшая амплитуда колебания активности каталазы наблюдается на варианте с дефекаатом по органическому фону.

Активность каталазы существенно возрастает по второму сроку наблюдений. При росте активности в 1.5–1.19 раза она все же остается на более низком уровне по отношению к целинному аналогу и варианту абсолютного контроля. Вариант с двойной дозой минеральных удобрений характеризуется самой низкой активностью каталазы, как за первую, так и за вторую минуты наблюдений. Внесение кальциевого мелиоранта на органическом фоне существенно повышает активность каталазы, приближая ее к уровню целинного аналога.

Таким образом, внесение высоких доз минеральных удобрений существенно понижает активность каталазы, а кальциевый мелиорант ее повышает, компенсируя неблагоприятное воздействие минеральных удобрений.

Известно, что направление, характер и скорость почвенных процессов зависят от многих параметров, важнейшим из них является величина рН. Почвенно-биотический комплекс не только средозависим, но и является активным средообразователем. Изменение параметров среды вызывает изменение почвенно-биотического комплекса – это его реакция на изменения среды. Однако почвенно-биотический комплекс активно изменяет среду, в том числе и такой параметр как величина рН.

Математической обработкой результатов эксперимента выявлена средняя связь активности каталазы с величинами рН водной и солевой вытяжек. Считаем, что определение каталазной активности может служить надежным биотестом состояния пахотных почв и выявлять влияние агроприемов на состояние почвенно-биотического комплекса и уровня продуктивности почв.

УДК 631.421.3 : 631.417.4

О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О.И. Исаева

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Республика Беларусь, brissa_pir@mail.ru

Гумификация растительных остатков в почве, гумусообразование, обязательно сопровождается стадией образования водорастворимых органических веществ. По данным ряда исследователей, водорастворимые комплексы органических веществ обладают высокой миграционной способностью и оказывают существенное влияние на рост и развитие растений.

В Республике Беларусь исследования по изучению содержания и потерь водорастворимого органического вещества из дерново-подзолистых, дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных почв проводятся в лизиметрических опытах с 1981 по 2010 гг. Установлено, что величина потерь водорастворимого органического вещества изменяется от количества и интенсивности выпадения осадков, их инфильтрации в почвах, гранулометрического состава почв, условий испарения, температурного режима, растительного покрова и т.д.

Данные по инфильтрации атмосферных осадков из слоя 1.0–1.5 м почв разного гранулометрического состава (1981–2010 г.) показали, что из легкосуглинистых почв в среднем в год инфильтруется 88.4–89.2 л/м² лизата, связносупесчаной – 141, рыхлосупесчаной – 206 и песчаной – 214 л/м². При этом инфильтрация осадков максимальная в весенний и осенне-зимний периоды, когда почвы сельскохозяйственных угодий частично не заняты посевами, что сказывается на объеме вымывания биогенных элементов в окружающую среду.

Концентрация водорастворимого органического вещества в годы исследований изменялась в зависимости от сезонности и года исследований, типа и гранулометрического состава почв. Максимальная среднегодовая концентрация ВОВ (1981–2010 гг.) наблюдалась в высококультурных дерново-подзолистых легкосуглинистых (55.1 мг/л), в песчаных (51.7 мг/л) и рыхлосупесчаных (46.1 мг/л) почвах. Среднегодовая концентрация ВОВ в зависимости от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв изменялась в пределах от 17.1 до 21.6 мг/л.

Потери водорастворимого органического вещества из исследуемых почв, например, за последние три года, за январь–сентябрь (2008–2010 гг.) были следующие: в 2008 г. минимальные потери водорастворимого органического вещества были из легкосуглинистой почвы и составляли 28.6 кг/га, максимальные на песчаных – 74.7 кг/га; соответственно в 2009 г. – 64 кг/га (легкосуглинистой) и 145.8 (легкосуглинистой высококультурной почве) кг/га; в 2010 г. – минимальные потери ВОВ были из почвообразующей породы – 26 кг/га, при максимальных их значениях 58.9 кг/га из дерново-подзолистой связносупесчаной почвы (агрозем). Наибольшие потери ВОВ из дерново-подзолистых почв наблюдались, преимущественно, в весенний период: в 2008 г. – от 20.7 до 54.6 кг/га (в зависимости от гранулометрического состава почв); 2009 г. – 31.1–84.3 и 2010 г. – 9.6–20.2 кг/га.

Во все годы исследований наблюдались высокие потери ВОВ из торфяной почвы, используемой в севообороте: в 2008 г. – 52.2 кг/га; 2009 г. – 145.1; 2010 г. – 163.3 кг/га. Суммарные потери водорастворимого органического вещества (за январь–сентябрь) из дерново-глеевых, торфянисто-глеевых и торфяных почв (используемых под многолетними травами) были следующими: в 2008 г. – 52.9, 68.8, 130.8 кг/га; в 2009 г. – 65.8, 167.6 и 219.1; 2010 г. – 105.7, 143.1, 57.7 кг/га, соответственно.

Данные по потерям водорастворимого органического вещества из наиболее распространенных дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава за последние пять лет в севообороте: люпин (2006 г.) – гречиха (2007 г.) – картофель (2008 г.) – просо (2009 г.) – овес+ промежуточная культура-горчица (2010 г.) свидетельствуют, что они изменялись от сезона года. Из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы потери ВОВ составили 57.6 кг/га; легкосуглинистой

(агрозем) – 92.0; связносупесчаной (агрозем) – 79.2; рыхлосупесчаной – 77.6 и из песчаной – 89.8 кг/га. Максимальные значения этого показателя также изменялись по сезонам года, табл.

Таблица. Потери водорастворимого органического вещества из дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава, (среднее за 2005–2010 гг.).

Почвы	Потери ВОВ, кг/га			
	сезон года	среднее 2005–2010	Мах	Мин
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке	Весенний	19.1	43.1	2.2
	Летний	18.4	18.4	–
	Осенний	6.2	10.1	2.2
	Зимний	13.9	23.0	4.9
	За год	57.6	–	–
Дерново-подзолистая легко-суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем)	Весенний	17.5	37.8	3.5
	Летний	59.1	59.1	–
	Осенний	6.1	8.8	4.0
	Зимний	9.3	24.9	0.6
	За год	92.0	–	–
Дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая моренным суглинком (агрозем)	Весенний	26.8	49.2	1.9
	Летний	27.4	27.4	–
	Осенний	11.2	17.4	7.3
	Зимний	13.8	30.7	2.2
	За год	79.2	–	–
Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, подстилаемая рыхлым песком	Весенний	23.8	54.8	1.2
	Летний	32.0	32.0	–
	Осенний	10.5	16.3	4.1
	Зимний	11.3	23.2	4.4
	За год	77.6	–	–
Дерново-подзолистая песчаная	Весенний	16.5	47.9	1.1
	Летний	23.2	37.3	–
	Осенний	37.3	19.5	6.6
	Зимний	12.8	33.0	6.8
	За год	89.8	–	–

Установлено также, что дозы применяемых удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, оказывают влияние на изменение концентрации и потерь ВОВ с лизиметрическими водами. Потери ВОВ из слоя 1.0–1.5 м дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почв были максимальными при повышенных дозах внесения удобрений и составляли в среднем за 2005–2010 гг.: при дозе N₇₁P₄₈K₁₁₃ из легкосуглинистой почвы – 61.8 кг/га, при N₁₀₁P₆₃K₁₄₈ – 89.8 кг/га; соответственно из рыхлосупесчаной – 84.7 и 94.9 кг/га. Высокие потери ВОВ также отмечались на контрольных вариантах без внесения минеральных удобрений.

УДК 631.10

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ ПОВЫШАЮТ ПОДВИЖНОСТЬ В ПОЧВЕ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА

П.И. Кайдун, Н.П. Битюцкий

Санкт-Петербургский государственный университет, bityutskii@mail.ru

Дождевые черви играют важную роль в трансформации соединений биогенных элементов в почве. Влияние червей на мобильность в почве необходимых для растений микроэлементов изучено слабо. В связи с этим задача настоящей работы – изучить влияние дождевых червей на подвижность в почве таких микроэлементов как железо (Fe) и марганец (Mn).

Исследовали влияние пассажа почвы через кишечник дождевых червей *Apporectodea caliginosa* и их экскретов (мукуса) на концентрацию в почве растворимых в воде форм железа и марганца. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, отобрана в Петродворцовом районе Санкт-Петербурга. В почву добавляли карбонат кальция (10 % от массы почвы) или растительные остатки: солому ржи, надземную массу клевера красного. Копролиты червей получали следующим образом. Очищенных от остатков почвы дождевых червей помещали в сосуды с опытными образца-

ми почвы, имевшими влажность 60 % от полной влагоёмкости. Сосуды с червями инкубировали при комнатной температуре в течение 1 недели. Затем дождевых червей отбирали, ополаскивали дистиллированной водой и помещали в чашки Петри на увлажненную фильтровальную бумагу при температуре 6 °С на 1 сутки. Анализировали свежесобранные копролиты (1-суточные) или копролиты после 7 дней инкубации в тех же условиях. Копролиты червей сравнивали с соответствующими образцами почвы, увлажненными дистиллированной водой до влажности 60 % (влажность почвы, использованной для содержания червей) и 100 % (влажность копролитов) от полной влагоёмкости (ПВ) почвы. Эти контрольные образцы почв инкубировали в условиях, идентичных условиям инкубации копролитов. Водные растворы экскретов дождевых червей получали путем инкубации червей в дистиллированной воде в чашках Петри с соблюдением описанных раньше условий. Суточную дозу экскретов от одного червя смешивали с контрольной почвой массой 20 г. Концентрацию растворимых в воде форм микроэлементов в образцах почв и копролитов измеряли при соотношении почва: вода 1:10 с помощью атомно-адсорбционного спектрометра МГА-915.

Установлено, что пассаж почвы через кишечник дождевых червей в большинстве случаев сопровождался увеличением в ней концентрации растворимых в воде форм железа и марганца. В почве, не содержащей добавок в виде карбонатов или растительных остатков, этот эффект проявлялся особенно сильно. В этом случае концентрация водорастворимых форм железа в копролитах превышала таковую в почве с влажностью 60 и 100 % соответственно в 14 и 8 раз. На фоне внесения карбоната кальция, клевера или соломы кратность увеличения концентрации железа под воздействием червей составляла при влажности почвы 60 и 100 % от ПВ 3–9 и 2–4 раза соответственно. Концентрация марганца в копролитах увеличивалась под воздействием червей примерно в 2 раза. Все отмеченные зоогенные эффекты сохранялись до конца эксперимента, т.е. в течение недели.

По-видимому, основной механизм влияния дождевых червей на подвижность в почве микроэлементов связан с функционированием в кишечнике червя микроорганизмов-симбионтов, так как обработка почвы экскретами червей, при которой исключался контакт почвы с кишечником, не влияла на подвижность микроэлементов. Другой механизм может быть связан с гидролитическими процессами, обусловленными высокой влажностью копролитов. Однако действие второго механизма избирательно (проявлялось только в отношении железа) и незначительно по масштабам (вклад < 5 %).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

УДК 631.416.8 (470.21)

МАСШТАБЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕВРОПЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ КРУПНЫХ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Г.М. Кашулина¹, В.А. Чекушин², И.В. Богатырев²

¹Полярно-Альпийский Ботанический Сад-Институт КНЦ РАН, Апатиты,
Galina.Kashulina@gmail.com

²Государственное унитарное геологическое предприятие «Минерал», Ст.-Петербург

Более 1300 точек на территории 1.5 млн. кв. км на северо-востоке Европы было обследовано в 2000–2001 годах при проведении комплексного экогеохимического картирования (Salminen et al., 2004). Большая часть обследованной территории удаленна от промышленных центров и является слабозаселенной. Юго-западная часть территории проекта более плотно заселена и там располагаются несколько больших городов – Ст. Петербург и Хельсинки. Кроме того, несколько крупных промышленных центров расположены на территории проекта: медно-никелевые комбинаты на Кольском полуострове (являются одними из самых крупных в мире источников выбросов SO₂ и тяжелых металлов); крупный угледобывающий регион на северо-востоке в Воркуте; тимано-печерский газо- и нефтедобывающий район.

В комплекс опробованных сред на каждой площадке были включены образцы горизонта С из индивидуального разреза в центре площадки и смешанные образцы верхнего трехсантиметрового

слоя верхнего органогенного горизонта почв. Все пробы были проанализированы на 50 элементов с использованием XRF, ICP-MS и ACP-AES методов.

Параллельно с комплексным опробованием основных компонентов окружающей среды, на каждой площадке была дана визуальная качественная оценка состояния экосистем и их главных компонентов. Эрозия почв оценивалась по 4 классам: *нет эрозии*; *начальная степень эрозии* – на менее 10 % территории экосистемы напочвенный покров отсутствует; *распространенная эрозия* – 10–50 % территории не имеет напочвенного покрова на поверхности находится эродирующий О-горизонт; *интенсивная эрозия* – более 50 % территории не имеет напочвенного покрова, эрозия достигает В-горизонта.

Как показали результаты, не смотря на слабую заселенность территории, только на 20 % площадок не было обнаружено никаких следов воздействия человека. 55 % площадок в лесной зоне имели следы рубок различной давности. Экосистемы на 40 % площадок были представлены различной стадиями послепожарными сукцессиями. Только два фактора – аэротехногенное загрязнение и перевыпас оленей или сочетание этих факторов вызывают серьезные и широкомасштабные нарушения почв в регионе.

Всего физическая деградация почв была отмечена на 12 % от общего числа обследованных точек. Из них на 7 % точек отмечена начальная стадия эрозии, на 4 % – распространенная и на 1 % – интенсивная. Наиболее серьезная ситуация с физической деградацией почв сложилась в тундровой зоне из-за перевыпаса оленей: почвенная эрозия была отмечена в 65 % тундровых экосистем.

Наиболее сильное загрязнение почв было обнаружено на северо-западе обследованной территории под воздействием выбросов медно-никелевых промышленных предприятий, расположенных на Кольском полуострове. Общая площадь загрязненных почв здесь составляет около 100 тыс. кв. км. Концентрации основных загрязнителей (Ni, Cu, Co) около источников выбросов превышают фоновые в тысячи раз. Степень и уровень загрязнения почв в угледобывающем регионе в Воркуте намного ниже по сравнению с Кольским полуостровом. Концентрации основных загрязнителей (Ni, Cu, Fe) в почвах в эпицентре выбросов превышают фоновые не более 10 раз. Площадь загрязнения ограничивается радиусом в несколько десятков километров вокруг Воркуты. Уровень концентраций загрязняющих элементов в почвах вокруг крупных городов (Ст.-Петербург, Хельсинки) превышает фоновые значения в 2–3 раза. Загрязнение от них прослеживается на расстояние в несколько десятков километров.

УДК 631.46

О СОЗДАНИИ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА ДЛЯ ДЕГРАДАЦИИ КЕРОСИНА В ПОЧВЕ

Тен Хак Мун, О.А. Кириенко

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, micro@ivep.as.khb.ru

Все компоненты нефти и продукты ее переработки являются одним из главных источников, загрязняющих грунт и воду. Нефтепродукты могут проникать сквозь толщу земли и накапливаться в подземных водах, образуя большие линзы, движущиеся по всем направлениям с последующим поступлением в водоемы.

В литературе имеются сведения о микробных консорциумах, способных к очистке нефтезагрязненных почв и воды. Все эти работы относятся к конкретным штаммам чистых культур углеводородокисляющих бактерий, выделенных из общего комплекса микроорганизмов. Сложность и трудоемкость культивирования таких культур в стерильных и специально для этого оборудованных цехах для микробиологического производства повышают себестоимость препаратов и не позволяют практически применять для очистки нефтезагрязненных объектов в крупных масштабах. Кроме того, не все микробные культуры, выращенные в стерильных, изолированных от других организмов, проявляют активность деструкции углеводородов в условиях существования и комплексной деятельности сложного микробиологического сообщества в природе.

Создание микробного консорциума в иловом компосте путем постепенной адаптации микробного комплекса к повышению концентрации добавляемых углеводородов позволяет повысить степень очистки почв, грунтов и стоков от токсичных веществ – нефтепродуктов. Кроме того, до-

бавление в компост суспензии фототрофных бактерий повышает эффективность микробного консорциума в очистке нефтезагрязненных вод и грунтов.

Брали компост, изготовленный из активного ила городской очистной станции в смеси с пивной дробинкой (отходы пивоварения) по методу, описанному в патенте (Тен Хак Мун, Г.Н. Ганин. Способ приготовления органического удобрения из осадка сточных вод. Патент РФ 2007, № 2299872), добавляли 10 % суспензии культуры фототрофных бактерий *Rhodobacter capsulata*. В упомянутый компост вводили керосин различной концентрации (0.1 %, 0.5 %, 1 %, 5 %, 10 % и 25 %). В каждом варианте компоста измеряли концентрацию остаточного нефтепродукта и проводили микробиологический анализ.

При добавлении керосина в компост в концентрации более 25 % на агаризованной питательной среде вообще не выявлялось ни одной микробной колонии, что можно рассматривать как летальную дозу для микроорганизмов. В случае нефтезагрязнения в концентрации от 25 % и менее выросло более 1 млн. (10^6) микробных клеток в 1 г. При снижении дозы поллютанта до 0.1 % численность микроорганизмов достигала 10 млн. (10^7) кл/г.

В любом случае нефтотолерантных (НФТ) микроорганизмов по численности было больше, чем углеводородокисляющих (УВО). Последние в доле общего числа органотрофных (ОРГ) организмов составляли от 12 до 26 %. В то же время углеводородокислителей было значительно меньше – от 1 до 16 % от всего числа органотрофов. Однако соотношение УВО / НФТ было значительно выше, чем НФТ/ОРГ и УФО/ОРГ и достигало 50 %. Многие нефтотолерантные организмы обладают способностью к деградации углеводородных соединений и в процессе адаптации к токсичным нефтепродуктам могут приобрести свойство использовать упомянутые вещества в качестве источника углерода. При загрязнении илового компоста нефтепродуктами в дозе 25 % через 10 дней деградации подверглось около половины исходной концентрации керосина, а по мере снижения дозы остаточное количество поллютанта резко убывало так, что при 0.5 %-ном загрязнении последний разлагался почти полностью.

УДК 634.11:631.445.874

СИДЕРАТЫ В МЕЖДУРЯДЬЯХ САДА – ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

О.Е. Клименко, Н.И. Клименко, А.Р. Акчурин

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, г. Ялта, Украина, olga.gnbs@mail.ru

Длительное использование почв под садами с содержанием междурядий под черным паром без внесения органических удобрений приводит к их дегумификации. Это обусловлено относительно малым поступлением органического вещества в почву в садовом агроценозе, отчуждением части прироста деревьев с обрезкой и длительной монокультурой. Потери гумуса в почвах под садами, а также частые проходы техники для обработки садов способствуют уплотнению почвы, утрате структуры, усилению эрозионных процессов и в конечном итоге к деградации этих почв.

Одним из путей восстановления утраченных свойств и повышения плодородия почв под садами в степной зоне при отсутствии регулярного орошения является выращивание озимых сидератов.

Никитским ботаническим садом проведены многолетние исследования в садах центральной степной части Крыма (Симферопольский район) по применению различных злаковых и бобовых трав, их сочетаний и чередований в севообороте на свойства преобладающих в почвенном покрове этой зоны почв – южных черноземов и продуктивность плодоносящих насаждений интенсивного типа.

Установлено, что при выращивании сидератов в почву запахивали от 13 до 33 ц/га сухой биомассы бобовых и злаковых растений в год. При этом в почву попадало 14–60 кг/га азота, 3–17 кг/га фосфора и 14–72 кг/га калия ежегодно. Почва обогащалась свежим органическим веществом, что способствовало росту микробиологической активности. При сидерации произошло улучшение структуры пахотного и подпахотного слоев почвы и увеличение количества водорочных агрегатов, а также снижение плотности гумусового горизонта. Выращивание сидератов приводило не только к практически полному прекращению потерь гумуса из почвы до глубины 80 см, но и к увеличению его содержания в слое 20–60 см. В составе гумуса произошло уменьшение количества гуминовых кислот и увеличение – фульвокислот. Соотношение между этими группами веществ

стало уже по всему гумусовому горизонту. Увеличилось содержание легкорастворимых, подвижных гумусовых веществ, особенно в слое 0–20 см. Травы несколько снижали высокую щелочность почвы.

Использование севооборота озимых сидератов в яблоневом саду привело к увеличению запаса продуктивной влаги в метровом слое почвы, особенно значительному в июне, когда запас ее при содержании почвы под черным паром был минимальным. Это и способствовало, в основном, повышению урожайности яблони. Выращивание и запахивание сидератов активизировало процессы нитрификации, мобилизации труднодоступного калия в почве. Бобовые сидераты во время роста обогащали почву подвижным азотом. В период выращивания сидераты несколько снижали запас подвижного фосфора в почве, однако при их разложении содержание подвижных фосфатов в почве возрастало, что также способствовало увеличению урожая плодов яблони. Наиболее благоприятный режим влаги и элементов питания в черноземе южном под яблоневым садом складывался при чередовании смеси бобовых и злаковых трав и черного пара. Улучшение водно-физических и агрохимических свойств почвы способствовало повышению продуктивности деревьев. Прибавка урожая составляла от 1.5 до 6.9 т/га в год. Наибольший экономический эффект от выращивания севооборота сидератов получен на сортах Голден Делишес и Ренет Симиренко.

УДК 631.4(572)

ПОЧВЫ БУГРИСТО-ЗАПАДИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ

А.А. Козлова

Иркутский государственный университет, allak2008@mail.ru

Южное Предбайкалье – регион Восточной Сибири наиболее благоприятный по природным условиям для проживания и хозяйственной деятельности населения. Район исследования с юго-запада ограничен предгорьями Восточного Саяна, с юго-востока – Онотской возвышенностью и включает южную часть Иркутско-Черемховской равнины и Предбайкальской впадины, представляющих собой краевые прогибы Сибирской платформы

Своеобразие палеогеографической обстановки на юге Предбайкалья привело к формированию бугристо-западного рельефа. Морфологически он представляет собой чередование бугров и западин округлой и овальной формы. Их размеры заметно различаются и определяются во многом мощностью и составом рыхлых отложений. На склонах, где рыхлые отложения имеют высокое содержание грубозернистых фракций и повышенную плотность, бугры и западины небольшие. Диаметр бугров составляет 10–15 м, превышение над западинами 0.5–1.0 м. На террасах с мощным чехлом рыхлых отложений диаметр бугров может достигать 20 м, а высота 1.0–1.5 м.

Существуют различные взгляды и подходы, объясняющие причины происхождения такого рельефа. В частности, И.И. Молодых (1958) первопричиной обособленности бугров и западин считает полигональную мерзлотную трещиноватость. Основанием для этого служит весьма совершенная симметрия в их расположении. В результате длительных температурных колебаний и деформаций льда трещины трансформировались в западины. При дальнейшем развитии рельефа в западинах на лессовых породах преобладают процессы, обусловленные свойствами пород – выщелачивание, вынос коллоидов и мелкозема. Ф.Н. Лещиков (1978) относит бугристо-западный рельеф к реликтовой форме термокарстового процесса. Его формирование – это следствие широкого развития в прошлом полигонально-жильных льдов, их последующего вытаивания и суффозионных процессов. Г.А. Воробьева (1980) считает, что формирование бугристо-западного рельефа явилось следствием широкого развития в прошлом полигонально-жильных льдов. Образование полигональных жильных льдов произошло, по ее мнению, в сартанское время (при значительной аридизации климата на фоне похолодания), а полное вытаивание льда произошло в голоцене.

В.А. Кузьмин (1988) отмечает полигенетичность образования этих форм рельефа при ведущей роли реликтового криогенеза. Основания для этого заключения следующие: неоднородность форм и размеров, распространение в различных условиях рельефа и увлажненных почвогрунтов, наличие или отсутствие грунтовых жил как показателя криогенеза, различный характер гумусового профиля почв и текстуры подстилающей толщи.

Как выяснилось, бугристо-западинный рельеф способствует дифференциации процессов почвообразования на буграх и в западинах, что приводит к неоднородности почвенного покрова, основной особенностью которого является мелкоконтурность, мозаичность, широкое развитие микрокомбинаций, и чаще всего представлен либо в виде комплексов однотипных почв, либо автоморфно-полугидроморфных (Бычков, 1973).

Нами исследованы однотипные почвенные комбинации дерновых лесных почв и черноземов, находящихся в пределах Иркутско-Черемховской равнины и Предбайкальской впадины. Установлено, что исследуемые почвы значительно различаются по ряду показателей. Так, реакция среды дерновых лесных почв и черноземов слабокислая в верхней части профиля, с глубиной показатель рН принимает нейтральные значения. При этом почвы западин оказались на порядок кислее почв бугров, что объясняется наличием большого количества свежей органики в западине, которая при разложении дает кислые продукты, а также с процессами выщелачивания легкорастворимых солей из профиля.

Профиль почв бугров и западин резко отличается по мощности гумусового горизонта, что характеризует разный генезис данных почв. Глубина гумусового горизонта западины вместе с погребенным составляет 54 см в дерновой лесной почве и 108 см в черноземе. На бугре мощность органогенных горизонтов (Ad+A) значительно меньше и в дерновой лесной почве составляет 10 см, в черноземе вместе с горизонтом АВ лишь 40 см.

Наблюдение за термическим режимом показало, что черноземы Южного Предбайкалья промерзают на значительную глубину до 3.5 м и ниже, тогда как средняя многолетняя глубина промерзания черноземов Европейской лесостепи составляет 70–80 см (Афанасьева, 1966). Основными факторами глубокого промерзания являются длительная и суровая зима, малая мощность снегового покрова. Общий период, в течение которого отмечается наличие мерзлых слоев, в черноземах длится 7–9 месяцев, а в европейской части России – 3–4 месяца (Лебедева, Семина, 1974). В целом, черноземы степей Южного Предбайкалья в отличие от европейских черноземов обладают большими запасами холода в весенне-летний период. Длительные низкие температуры почвы сокращают и без того короткий вегетационный период и ограничивают активную микробиологическую деятельность коротким периодом и небольшой глубиной. Особенностью термического режима дерновых лесных почв Южного Предбайкалья, как и черноземов является глубокое промерзание (хотя меньше, чем в черноземах) и длительное оттаивание. По глубине промерзания почвы обнаруживают значительную неоднородность в пространстве. Главной причиной, обуславливающей эту неоднородность, является мощность снегового покрова, которая определяется, в свою очередь, рельефом, растительностью, значительную роль играет экспозиция склонов. В результате изучения изменения температуры в течение вегетационного сезона выявилась общая закономерность для почв бугристо-западинного рельефа: в весенне-летний период более теплой была почва бугра, а в августе-сентябре – западины.

Специфика термического режима, а именно существование почвенной толщи длительное время в мерзлом состоянии, оказывает большое влияние на водный режим почв. В.Т. Колесниченко (1971) отмечает характерную особенность увлажнения профиля выщелоченных черноземов Иркутско-Черемховской равнины – это наличие горизонта постоянного повышенного увлажнения на глубине от 1 до 3 м, что подтверждается и нашими полевыми исследованиями. Источником влагонакопления этого горизонта является влага нижележащих горизонтов, подтягивающаяся к центру кристаллизации, и влага летне-осенних атмосферных осадков самых влажных лет, когда происходит глубокое увлажнение почвенного профиля. В дерновых лесных почвах режим влажности в общих чертах сходен с черноземами, однако увлажнены они несколько больше. В них, как и в черноземах региона, происходит увеличение запасов влаги весной в верхнем полуметре. Это объясняется подтоком ее из нижележащего талого слоя в процессе замерзания, причем накопление влаги тем больше, чем больше градиент влажности промерзающего и незамерзающего слоя. Распределение летних и зимних твердых осадков в почвах бугров и западин ясно дифференцировано, особенно в верхней части профиля, что обусловлено неодинаковым расходом влаги на испарение. Так, максимум влаги в исследуемых почвах приходится на органогенные горизонты, причем в западине влажность в 2 раза выше, чем на бугре. В минеральных горизонтах бугра и западины, а также в погребенных горизонтах уровень влажности опускается почти в 3 раза. Влажность в нижней минеральной части западины близка к увлажненности бугра.

С режимом влажности тесно связано миграция веществ в почвенном профиле, которая осуществляется главным образом в растворенном или во взвешенном состоянии. За период наблюдений установлено, что на буграх, как в степи, так и в лесу, распределение влаги происходило от нижних горизонтов к верхним и связано с интенсивным испарением, транспирацией. Условия для сквозного промачивания и вымывания легкорастворимых солей за пределы почвенного профиля появляются непродолжительное время в конце лета, что способствует формированию непромывного типа водного режима. В западинах наряду с испарением и транспирацией присутствует внутрипочвенный сток, в результате чего здесь активно идут процессы выщелачивания легкорастворимых солей за пределы профиля.

В настоящее время бугристо-западинный рельеф в Прибайкалье проходит стадию деградации – происходит нивелирование поверхности на безлесных, и особенно на распаханых участках. Следы его просматриваются на полях в виде светлых пятен (бывшие бугры) на фоне гумусированных обрамлений (западины). В результате обработки почв происходит нивелирование поверхности и усиление дифференциации почв. На участках с многолетней обработкой разница в высоте между буграми и западинами снижается от 1—2 м в целинном состоянии до первых десятков сантиметров. В долине р. Унга на распаханых плоских поверхностях террас Л.Л. Калеп (1972) рассмотрен комплекс из южного чернозема, деградированного маломощного (на микроповышении), и выщелоченного чернозема, остаточно-лугового погребенного мощного (в микрозападине). Разница высот между крайними точками компонентов комплекса составляет 40 см. Запасы гумуса в метровом слое почв различаются в 3 раза.

Согласно Г.А. Воробьевой (1980) в долинах Ангары, Унги и Залари светлые пятна часто представляют собой распаханый слой сартанских карбонатных суглинков, на темных – почва с мощным гумусовым горизонтом и профилем, сходным с черноземом или лугово-черноземной почвой. За счет естественной эрозии на буграх все ближе к поверхности подходили древние отложения, а западины заполнялись более молодым материалом. Вследствие этого сартанские высококарбонатные суглинки не только очень близко подошли к поверхности, но при вспашке включились в пахотный горизонт. Обладая целым рядом неблагоприятных свойств (высокая карбонатность, щелочной суспензионный эффект, бесструктурность, постоянная сухость), эти отложения резко снижают урожайность, создается сильная пестрота в темпах роста, созревания и урожайности культур на буграх и в западинах.

В.П. Паршиковым (1972) процесс выравнивания поверхности на пашне и дифференциация почв с появлением на бугорках светлых малопродуктивных горизонтов рассматриваются как механическая эрозия, образовавшийся при этом двучленный комплекс выделяется в качестве самостоятельной группы эрозионно-комплексных земель. Занижение процента комплексности маскирует последствия процессов почворазрушающего характера, создает ложное представление о благополучии состояния пахотных земель.

В основных сельскохозяйственных районах Иркутской области эрозионно-комплексными являются от 30 до 80 % пахотных земель. В.А. Кузьмин (1988) предполагает, что причиной деградации пахотных почв с бугристо-западинным рельефом можно считать дефляцию, которая после распахивания существенно усиливается. Согласно его исследованиям, максимальное развитие бугров и западин и наибольшая выпашанность характерны для побережья Братского водохранилища и древних долин в бассейне р. Куда, где преобладают соответственно дерновые лесные почвы и черноземы. Можно полагать, что эта территория наиболее продолжительное время используется в земледелии. На участках среди леса, позднее освоенных под пашни, степень выпашанности ниже.

В целом, установлена глубокая преобразующая деятельность человека на пахотных землях с бугристо-западинным рельефом, приводящая к формированию современной антропогенной поверхности выравнивания, усилению дифференциации и ухудшению почвенного покрова. Антропогенное воздействие сопровождается нарушением сложившихся связей почв, их функций и проявляется в некомпенсированности биологического круговорота, механическом перемешивании почвенной массы, приводящем к утрате важнейшего свойства почвы – плодородия.

Меры по сохранению и восстановлению плодородия пахотных почв в условиях бугристо-западинного рельефа должны быть направлены на минимализацию обработок, внедрение безотвальной обработки, преимущественный посев трав. Эффективность от внесения удобрений возрастет, если будет учитываться неоднородность почвенного покрова. Разработка планов-схем сопряженности агрохимических свойств почв с различными элементами палеокриорельефа для конкретных хозяйств заметно бы повысило рациональное использование земель в земледелии Южного Предбайкалья.

Известно, что основными фитогормонами у растений являются ауксин, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота и этилен. В последнее время к этой группе относят брассинолиды, гуматы и др. Методами «тонкого органического синтеза» получены синтетические аналоги фитогормонов, которые объединяют под общим названием – регуляторы роста и развития растений (РРР). По мнению некоторых исследователей, каждый регулятор роста растений имеет свою сферу влияния. Одни ускоряют рост корневой системы растений, другие – интенсивность деления меристем и их дифференцировку, третьи – рост зеленой массы растения, четвертые предохраняют от опадения завязей, пятые ускоряют развитие семян и их созревание и т.д.

В практике сельского хозяйства особый интерес представляют различные сочетания гуматов с другими РРР, удобрениями, микроэлементами, микробиологическими препаратами и средствами защиты растений. Практический опыт показал, что, смешивая гуматы с разными РРР, часто наблюдается явление усиления эффекта. На рис. 1 иллюстрируются результаты всего одного полевого эксперимента, выполненного в производственных условиях. Видно, что действие всех изучаемых препаратов на биопродуктивность моркови было позитивным, однако эффективность действия препаратов на биопродукционный процесс у всех препаратов была в чем-то особенной. Наибольшую эффективность оказало комплексное использование разных биопрепаратов. В других экспериментах были получены позитивные результаты при сочетании действия гуминовых препаратов и этиленпродуцирующих удобрений.

Учитывая, что фитогормоны регулируют практически все ростовые процессы, управляя ростом и развитием растений, то именно им может принадлежать определяющая роль точных инструментов управления продукционным процессом растений в системе точного растениеводства и точного земледелия. Здесь важно учитывать, что в процессе онтогенеза как разные растения, так и разные органы одного растения неодинаково реагируют на постоянно изменяющиеся условия окружающей среды. Последнее связано как с различной адаптивной реакцией растений, так и с различной физиологической функцией РРР в растениях и их органах в процессе роста и развития возделываемых культур.

В производственных экспериментах на мониторинговых полигонах (30–40 га) в условиях Ленинградской области в 2008–2010 гг. были получены позитивные результаты применения препаратов «Стимулайф», «Лигногумат» и др. Установлено, что различные гумусовые препараты обладают хоть и в чем-то схожим, но значительно отличающимся эффектом воздействия на растения. Эффективным оказалось сочетание обработок разными препаратами в строго определенные фазы роста и развития растений, так называемые «критические» фазы, особенно когда меняются потоки биогенных элементов с накопления листовой биомассы к накоплению основной продукции. Направленное (по фазе роста растения и концентрации того или иного препарата) воздействие позволяет не только повысить общую урожайность возделываемых культур на 10–20 %, но, что существенно, увеличить выход ранней продукции высокого качества. Так, при стоимости ранней капусты 15–20 руб/кг, экономическая эффективность препаратов была существенно выше, чем через неделю, когда стоимость продукции резко падала (до 7–10 руб/кг). На основании полевых экспериментов установлено, что эффективность использования фиксированных доз и концентраций гуминовых препаратов «Стимулайф» возрастала с уровнем интенсификаций технологий: с 1–10 % до 13–23 % прибавки к соответствующему минеральному фону.

Весьма перспективно изучение адаптивности различных интродуцентов в сочетании с использованием разнообразных биопрепаратов. Так, исследование в течение ряда лет биологии развития 6 сортов *Dracosephalum moldavica* L. из семейства яснотковых (*Lamiaceae*) коллекции ВИР показало, что использование в интродукционном процессе таких гуминовых препаратов как гумат натрия и «стимулайф», а также этиленпродуцентов: «регрост» и «регрол», оказало позитивное, но не одинаковое воздействие на ростовые процессы растений, сахаро- и медопродуктивность.

Весьма эффективным оказалось использование РРР в сочетании с новыми видами удобрений на полимерной основе, типа «Аквадон», «Зеленит», «Нутривант» и другими. В условиях гумидного климата Северо-Западного региона РФ впервые установлено, что полимерная матрица этих удоб-

рений способствует значительному (более чем в 5–10 раз) уменьшению потерь питательных веществ за счет смыва дождем с листовой пластинки. Это обеспечивает повышение урожайности и высокой экономической эффективности. Показано, что новый гуминовый препарат «Стимулайф» как стимулятор роста и развития растений способствует получению более ранней продукции (на 5–7 дней), повышению урожайности овощеводческой продукции, обеспечивает высокий экономический эффект.

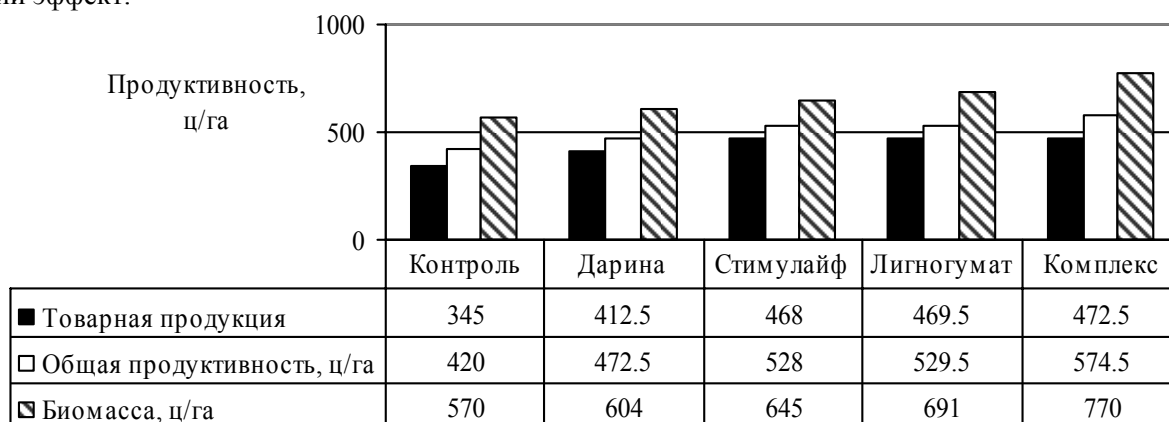


Рисунок. Влияние разных гуминовых препаратов и их комплексного использования на биопродуктивность моркови (х-во «Алакюль-1» Выборгского р-на Лен. Области, 2010 г.).

В настоящее время разработаны новые технологии управления ростом и развитием широкого ряда возделываемых культур, которые основаны на применении как известных, так и новых видов удобрений и биопрепаратов, оптимизированы сочетания использования этих средств регуляции. Технологии адаптированы к условиям производства и применяются при использовании, как сельскохозяйственных машин нового поколения, так и имеющейся в хозяйствах техники. Оптимизация биопродуктивности культур достигается за счет программы прогнозирования состояния растений, что обеспечивает выбор оптимальных для каждой культуры сроков обработки растений в критические фазы онтогенеза рострегулирующими средствами, которые используются в оптимальных для каждой культуры концентрациях.

УДК: 631.84:504.38.05

НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ПОЧВАМИ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ И ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ

В.Н. Коротков, Н.С. Смирнов, Р.Т. Карабань, А.А. Романовская

Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, г. Москва, smns-80@rambler.ru

Защитное лесоразведение определяется как комплекс мероприятий по искусственному созданию лесных насаждений для защиты сельскохозяйственных угодий от неблагоприятных природных явлений и техногенных воздействий, улучшения климатических и гидрологических условий и повышения общей биологической продуктивности территории. Его основу составляют системы искусственных защитных лесонасаждений, чаще всего создаваемые в виде лесных массивов, полос или куртин территориальными органами лесного хозяйства.

Целью данной работы была оценка накопления углерода противоэрозионными и полезащитными лесонасаждениями, заложенными на землях сельскохозяйственного назначения, начиная с 1990 года.

Формы лесохозяйственной статистики, содержащие необходимую для расчетов информацию, были предоставлены ФГУП «Рослесинфорг». Для расчетов были использованы расчетные данные о накоплении углерода различными пулами противоэрозионных и почвозащитных лесных насаждений, предоставленные Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (Отчет..., 2008).

Оценка динамики суммарного запаса углерода фитомассой насаждений различных лет создания проводилась по уравнению:

$$CPA_{ijl} = SA_{jl} CPAM_{ij} \quad (1),$$

где CPA_{ijl} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j , созданными в год l ; SA_{jl} – площадь насаждений типа j , созданных в год l ; $CPAM_{ij}$ – средний запас углерода, накопленный фитомассой насаждений типа j к году i .

Оценка динамики суммарного запаса углерода в фитомассе защитных насаждениях по уравнению:

$$CPA_{ij} = \sum CPA_{ijl} \quad (2),$$

где CPA_{ij} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ; CPA_{ijl} – суммарный запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j , созданными в год l .

Оценка поглощения углерода фитомассой защитных насаждениях за данный год по уравнению:

$$CPAS_{ij} = CPA_{(i+1)j} - CPA_{ij} \quad (3),$$

где $CPAS_{ij}$ – поглощение углерода фитомассой насаждений типа j за год i ; CPA_{ij} – общий запас углерода, накопленный к году i фитомассой насаждений типа j ; $CPA_{(i+1)j}$ – общий запас углерода, накопленный к следующему году $i+1$ фитомассой насаждений типа j .

При расчете поглощения углерода другими пулами защитных насаждений использовались уравнениями, аналогичными уравнениям 1–3.

Хотя темпы создания защитных лесных насаждений резко снизились (рис. 1), поглощение углерода созданными насаждениями постоянно увеличивается (рис. 2), достигнув к 2008 г. 1403.7 тыс. т С год⁻¹ для всех пулов углерода. Такая тенденция объясняется увеличением поглощения углерода пулами фитомассы и мертвой древесины уже созданных лесных насаждений. Максимумы поглощения углерода пулом фитомассы в лесных насаждениях приходится на возраст 20–40 лет, потому что древостои, созданные после 1990 г., продолжают увеличивать поглощение углерода.



Рисунок 1. Динамика изменения противоэрозионных и полеззащитных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации

Вклад противоэрозионных лесных насаждений в поглощение углерода при облесении за 2008 г. составляет около 70 %. Причиной тому являются значительно большие площади создаваемых противоэрозионных насаждений (78 % от общей площади облесения) по сравнению с полеззащитными. Однако по средним величинам поглощения углерода пулом фитомассы полеззащитные насаждения оказываются на 50–60 % более эффективными, чем противоэрозионные. Эта ситуация объясняется значительной долей в составе полеззащитных лесополос березы (26 %) и тополя (19 %). Указанные виды обладают существенно более быстрыми темпами роста по сравнению с сосной, доминирующей в противоэрозионных насаждениях.



Рисунок 2. Динамика годичного поглощения углерода всеми пулами противоэрозионных и полезационных лесонасаждений, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-05-13506, а также при поддержке гранта Президента РФ НШ-3245.2010.5.

УДК 574.4

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н.П. Косых

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г.Новосибирск, npkosykh@mail.ru

Количество тепла и влаги, необходимое для формирования биологической продуктивности болотных экосистем имеет наибольшее влияние в современных условиях. Анализ биологической продуктивности растительных сообществ болотных экосистем показывает зависимость от метеорологических условий подзон Западной Сибири. Оптимальное количество тепла и влаги для развитие болотных систем имеет зона тайги, причем наиболее благоприятные условия в средней тайге. С продвижением на север с понижением среднесуточных температур и наличия многолетней мерзлоты, изменяется биологическая продуктивность одних и тех же болотных экосистем, уменьшается площадь некоторых болотных сообществ и появляются другие типы болот, таких как плоскобугристые и полигональные. С продвижением на юг болота увеличивают свою продуктивность, но начинают уменьшать свой ареал распространения и в лесостепи олиготрофные болота (рямы) занимают незначительные участки. Болотные экосистемы, расположенные высоко в горах Горного Алтая, испытывают те же неблагоприятные условия низких температур, часто близкое залегание мерзлоты приравнивается к климатическим условиям лесотундры.

Очевидно, что среднегодовая температура имеет положительное значение (+1°) только в подзоне южной тайги, в подзонах средней и северной тайги она составляет -3.4° и -4.4° (табл. 1). Наибольшее количество осадков в течение года выпадает в подзоне средней тайги. Максимум осадков приходится на осенне-летний период. По теплообеспеченности и по увлажнению годы наблюдения не имели существенных отличий от среднесуточных.

Болота являются индикаторами процессов изменения климата и сами играют в этом процессе большую роль, определяя баланс парниковых газов в атмосфере. Исследование болот в последние годы приобрело особую актуальность, что связано с пониманием громадной роли болот в цикле углерода и, следовательно, в поддержании стабильности биосферы в условиях нарастающего из-

менения климата. В связи с многолетними исследованиями продуктивности разных олиготрофных болот всех зон (за исключением полигональных болот тундровой зоны в Западной Сибири), особый интерес представляют их сравнительные характеристики.

Таблица 1. Характеристика климатических условий разных зон (подзон) Западной Сибири (Среднегодовое количество осадков и температуры за год, с учетом высоты над уровнем моря и многолетней мерзлоты).

Местоположение метеостанции	Σ осадков за год, мм	Ср.годов. t°С	Мерзлота, см	Высота, м н.у.м.
лесотундра (ст. Надым)	430	-6.6	40	50–100
северная тайга	336–360	-3.4–(-5.4)	40	120–150
средняя тайга	400–600	-2.8–(-3.7)	нет	50–100
южная тайга	400–500	-0.6–(-1.6)	нет	50–150
лесостепь (ст.Убинское)	355	-1.1	нет	100–150
Горный Алтай	110–518	(-1.1)–(-6.7)	40	1700–2100

Для сравнения были взяты следующие количественные параметры биологической продуктивности болотных экосистем: запаса мортмассы, фитомассы, чистой первичной продукции и отношение мортмассы к продукции. Для определения биологической продуктивности отбор проб произведен в наиболее типичных его участках с учетом характера микрорельефа. Рассмотренные нами параметры биологических процессов позволяют дать количественную оценку функционирования болотных экосистем лесотундры, северной, средней и южной тайги, лесостепи и высокогорий. Одним из основных показателей биологических процессов экосистем является их продуктивность, которая определяется запасами фитомассы (F), мортмассы (M) и продукции (NPP). Биологическая продуктивность болотных экосистем территории Западной Сибири отражена в литературе от лесотундры [19, 20] до лесостепи [21].

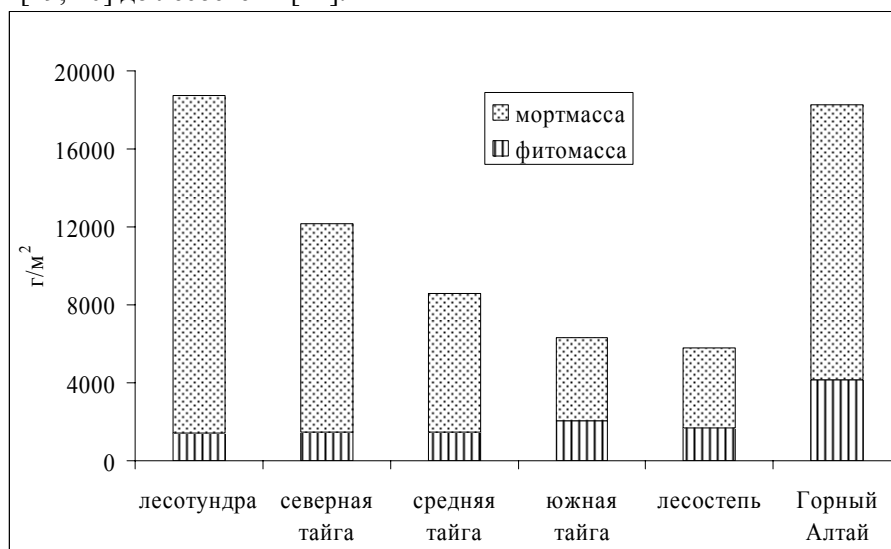


Рисунок 1. Общие запасы растительного вещества г/м².

Общие запасы растительного вещества болот составляют от 6000 до 18258 г/м² уменьшаясь с севера на юг. Наблюдается увеличение запасов с повышением высоты над уровнем моря, в горах Горного Алтая. Так, близки общие запасы кустарничково-зеленомошно-лишайникову сообществу лесотундры на сухой и холодной вершине водоразделов Западной Сибири и гор Алтая (рис. 1). Минимальные запасы растительного вещества отмечены для рямов лесостепи и составляют 6200 г/м². Мертвое растительное вещество или мортмасса (M) составляет 77 % от общего запаса растительного вещества. Преобладание мортмассы над живым растительным веществом отмечается для всех болотных экосистем. Выполненная работа показывает, что особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных химических элементов в растительном веществе. По этой причине общая масса растительного вещества в деятельном слое в болотных фитоценозах в 6–14 раза больше массы прироста. Замедленность движения масс в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается

тем, что основная часть биомассы (около 80–90 %) находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку. Преобладание мортмассы в 2–3 раза над живой частью растительности говорит о замедленном разложении растительных остатков. Вклад надземной мортмассы в общий ее запас составляет всего 5–10 % и в основном образуется из ветоши и подстилки сосудистых растений. Причем запас ветоши осок и пушиц преобладает над запасом подстилки, из-за быстрого ее разложения и минерализации.

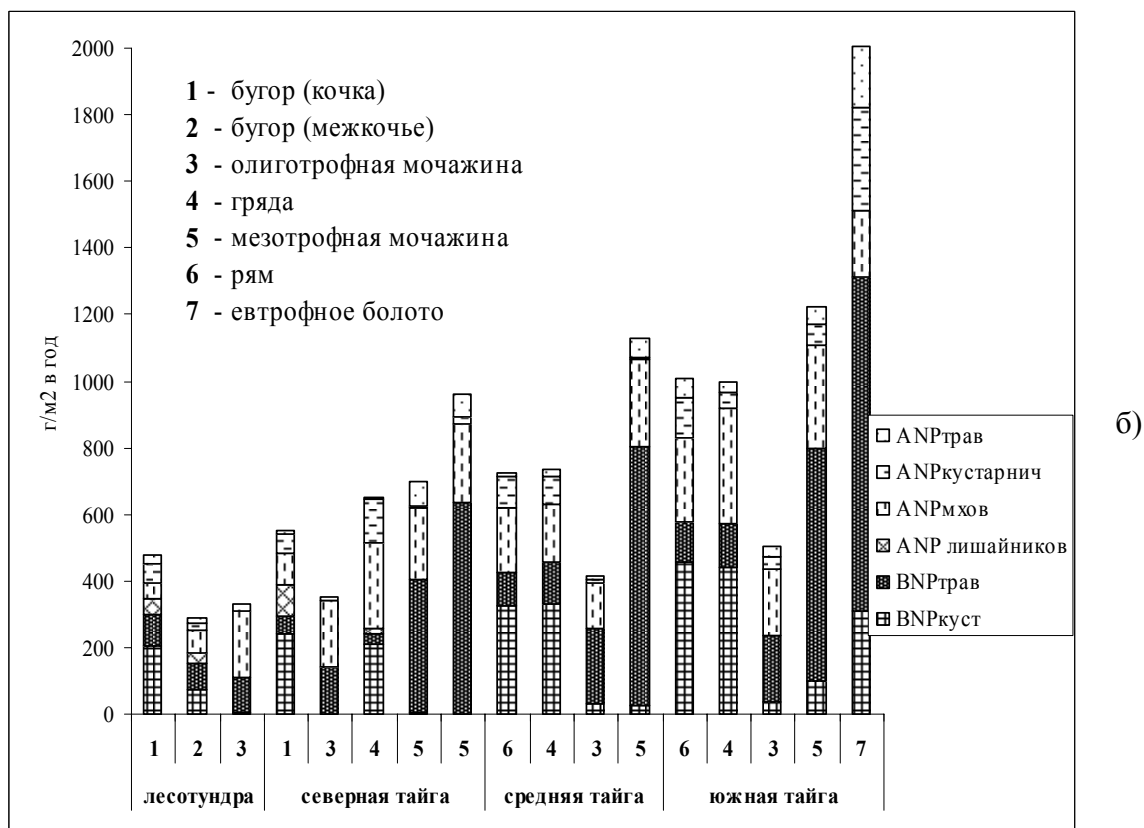
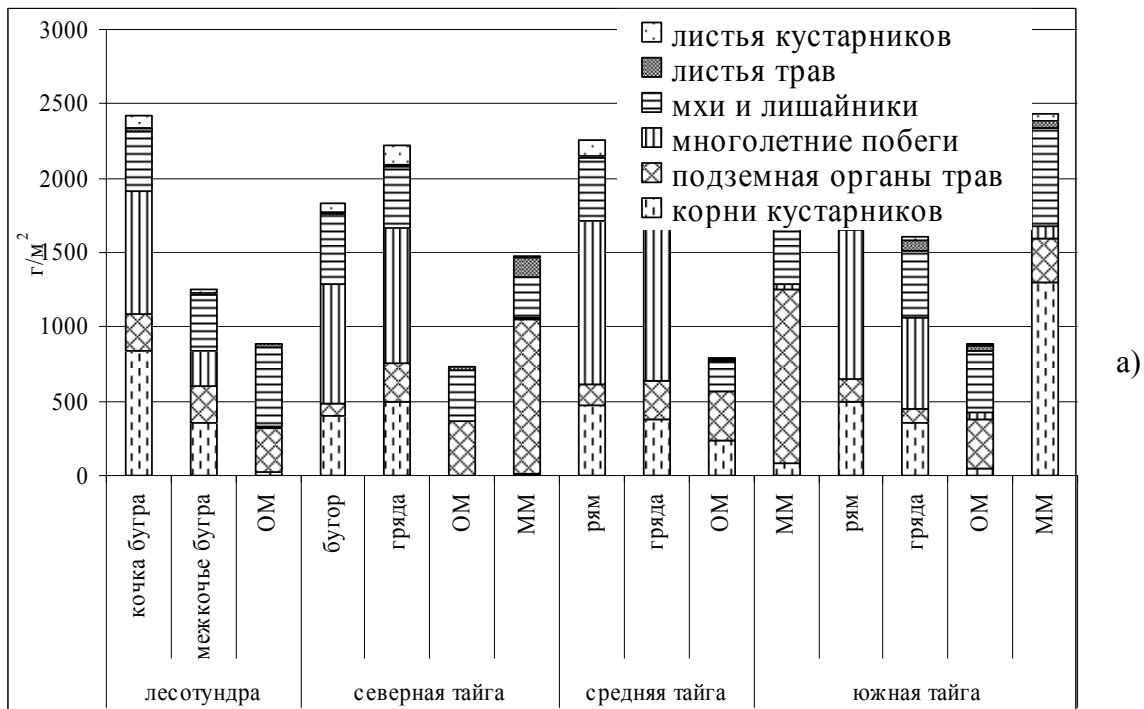


Рисунок 2. Изменение соотношения фракций в живом растительном веществе (а) и в чистой первичной продукции (б) в болотных экосистемах по широтному градиенту.

К факторам, влияющим на величину накопления мортмассы, можно отнести низкие температуры и близость мерзлоты, которая регистрируется на глубине 40 см. При сравнении запасов мортмассы болота Горного Алтая с болотами лесотундры и лесостепи можно сказать, что он в три раза выше, чем в районе осоковых болот лесостепной зоны и приближается к запасам лесотундры. *Живое растительное вещество, или фитомасса (F) в болотных экосистемах Горного Алтая составляет 4143 ± 656 г/м², что гораздо выше средних запасов болот равнинной части Западной Сибири. Минимальные запасы живого растительного вещества отмечаются в осоковых болотах равнинной части лесостепи (1680 г/м²) и олиготрофных (ОМ) мочажин (рис. 2). На пониженных участках рельефа в ОМ и в мезотрофных мочажинах (ММ) большая часть фитомассы (88 %) создается подземными органами осок, значительная часть которых представлена узлами кущения и корневищами, на повышенных – корнями и стволиками кустарничков.*

Чистая первичная продукция (NPP) болот составляет от 300 до 1285 ± 142 г/м² в год и определяется составом растительного сообщества и болотной экосистемой. Продукция достигает максимальной величины из-за дополнительного притока питательных веществ в ММ и осоковых болотах гор. Продукция подземной фитомассы (BNP) составляет 80 % от общей продукции и создается, в основном, подземными органами осок. Продукция мхов не превышает 10–12 %. На водоразделе Западной Сибири в осоковых низинных болотах лесостепи продукция может иметь наибольшую величину – 2800 г/м² в год. На болотах лесотундры продукция изменяется от 380 г/м² в год до 870 г/м² в год. Наибольшей величины достигает в хасырях мезотрофных мочажин, минимальной продукции – на мерзлых буграх. Высокую продукцию (NPP) обеспечивает доминирование осок в растительном сообществе евтрофных болота.

Анализ полученных величин запаса фитомассы, мортмассы и продукции растительного вещества показывает, что при высокой величине запасов растительного вещества, большая доля мортмассы определяется близостью мерзлоты, что сближает болота высокогорий с болотами лесотундры, а величина продукции (NPP) зависят от климатических условий и типа экосистемы. Количество живой фитомассы определяется типом экосистемы, растительным сообществом, трофностью и изменяется от 500 до 4143 г/м² и не зависит от климатических условий. Соотношение полученных количественных характеристик биологической продуктивности, такие как отношение мортмассы к первичной продукции, отражающее скорость круговорота мортмассы показывает, что средняя скорость круговорота мортмассы в мезотрофных экосистемах болот и ускоряется с продвижением на юг. Максимальная замедленных круговорот мортмассы отмечается на мерзлых буграх лесотундры, где круговорот замедляется до 45 лет. Таким образом, изучение продукционных процессов выявило более высокие величины продукции в богатых болотных системах, что приводит к ускорению круговорота мортмассы, по сравнению с олиготрофными комплексами. Запасы живой фитомассы зависят от типа экосистемы и не зависят от зоны. Болотные комплексы Западной Сибири являются уникальным компактным природным полигоном, с хорошо развитыми зональными признаками на равнинной территории и удобным для организации многолетнего мониторинга продукционных процессов в контексте климатических изменений.

УДК 631.5:631.8 + 551.581

СИМБИОТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ АНТИСТРЕССОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

В.И. Кузнецов¹, Ю.М. Шаульский¹, Ш.Я. Гилязетдинов², Ф.Я. Багаутдинов²

¹ООО Научно-внедренческое предприятие «БашИнком», г.Уфа, agro-bnk@mail.ru

²ИБГ УНЦ РАН, Башгосагроуниверситет, г.Уфа

Наблюдающиеся в последние 50 лет климатические изменения не являются в истории нашей земли уникальным событием. Удивительно другое, как к таким условиям могли адаптироваться ранее зеленые растения – поставщики основной биомассы органического вещества в трофической цепи наземных биоценозов. А все дело в том, что уже 400–450 млн. лет назад после выхода на сушу их выживание было обеспечено именно благодаря симбиотическим взаимоотношениям с микроорганизмами почв [1, 2].

После такого краткого введения необходимо остановиться непосредственно на проблеме повышения экологической устойчивости растениеводства, поскольку это является важнейшей частью

адаптивных систем земледелия, которые включают в себя ряд подсистем: обработка почв, удобрения, защита растений, севообороты, агротехнологии растениеводства на базе высокоадаптивных сортов. Соответственно под брендом АВЗ (антистрессовое высокоурожайное земледелие) мы подразумеваем применение антистрессовых средств, созданных в процессе эволюции самой живой природой. Сюда естественно входят природные регуляторы гормональной природы, симбиотические микроорганизмы, микроэлементы и макроэлементы и гуминовые кислоты, аккумулирующие в себе ряд полезных функций – хранилища плодородия почв, микроудобрения, регуляторы метаболизма почвенных организмов и свойства сигнальных молекул, включающих у растений антистрессовые механизмы.

Для решения всех этих задач Научно-внедренческое предприятие «Башкирские инновационные комплексы» (НВП БашИнком) было сформировано в 1991 г. группой научных работников технических, биологических, сельскохозяйственных и химических специальностей. Это позволило в дальнейшем на междисциплинарном уровне обосновать фундаментальные подходы к экономически выгодным инновационным разработкам.

В настоящее время НВП «БашИнком» создал биотехнологическое производство, завод биоактивированных БМВ – гуминовых препаратов, завод биоактивированных комплексных удобрений и экологическое хозяйство ПЭСХ «Солнечный Бузовьяз». Общее количество работников около 300 человек. В научном комплексе более 10 докторов и 20 кандидатов наук. Созданы 4-е научные лаборатории: микробиологическая, биологическая, агрохимическая и химическая. Наше научно-внедренческое предприятие совместно с ведущими научными институтами разработали биотехнологию АВЗ. Мы сотрудничаем с БНИИСХ РАСХН, Институтом биологии УНЦ РАН, Институтом биохимии и генетики УНЦ РАН, ВИЗР РАСХН, Национальной Академией Республики Беларусь, МГУ им. М.В. Ломоносова и рядом других научных центров (всего более 50). Продукцию нашей биотехнологии используют в Казахстане, Узбекистане, Азербайджане, Китае, Литве, Белоруссии, Бахрейне, Малайзии и в некоторых других странах. В 2009 году нами реализовано биопрепаратов на сумму около 100 млн. рублей.

Технология АВЗ обеспечивает реализацию мощнейших возможностей самих растений и окружающих их симбионтов в плане их адаптации к самым неблагоприятным факторам окружающей среды. Именно благодаря этому сельхозпроизводители только в прошедшем году получили около 2 млрд. рублей дополнительной чистой прибыли. При этом выращенная ими продукция – высококачественная, экологически чистая.

Много это или мало? Мало! Учитывая размеры посевных площадей России, дополнительную чистую прибыль за счет биотехнологии можно увеличить до 400 млрд. рублей, т.е. буквально в 200 раз, если учитывать и Зарубежье, то – в тысячи раз.

Например, трехлетние испытания в Малайзии показывают, что биотехнология АВЗ дает на рисе прибавку урожая до 15 %. В результате эта страна может сократить импорт риса в 2 раза.

Вернемся к России.

Площадь под зерновыми культурами составляет около 50 млн. га. Сквозные обработки биопрепаратами Фитоспорин + Гуми Богатый, Бионекс-Кеми, включающие протравливание семян и баковую смесь с гербицидами, даёт прибавку 2.5–4 ц/га, т.е. от 700 до 2000 рублей дополнительной прибыли. Это в пересчете на весь зерновой клин России составляет до 35 млрд. рублей прибыли.

На картофеле с АВЗ-технологией прибавка урожая клубней составляет 20–40 ц/га, на 1 рубль затрат 10–20 рублей прибыли, что соответствует в расчете на 2 млн. га до 20 млрд. рублей. Аналогично, на сахарной свекле дополнительный доход в расчете на га до 10 тыс. руб. В пересчете на площадь под данной культурой по России (823 тыс. га) – около 9 млрд. рублей чистой прибыли.

А что сегодня?

Самарская область использовала наши биопрепараты на общую сумму около 2 млн. рублей, Татарстан – на 6 млн. рублей, Башкортостан – на 15 млн. рублей, Краснодарский край – на 30 млн. рублей и т.д. Ежегодный прирост объема продажи биопрепаратов – 30–50 %.

С учетом посевных площадей этих регионов, резерв расширения более 100-кратный! В рамках России эта цифра может составить не менее 400 млрд. рублей дополнительной чистой прибыли при затратах на препараты АВЗ 20–40 млрд. рублей. Соответственно зная рентабельность и эффективность применения наших препаратов, предложения о сотрудничестве с нами могут быть интересны стратегическим партнерам и региональным дилерам.

Итак, биотехнология АВЗ повышает урожайность на 15–20 %, в засушливый сезон – до 50 %, снижает затраты в 1.5–2 раза на защиту растений, на 20–30 % уменьшает потребность в удобрениях, повышает качество и сохранность сельскохозяйственной продукции в 1.3–2 раза, снижает зависимость от климатических изменений, сокращает в благоприятные годы сроки созревания на 7–10 дней (а в засуху удлинит на 10–15 дней), уменьшает применение химических пестицидов на 50–100 %, соответственно обеспечивая экологическую чистоту сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, за счет более низкой себестоимости российские сельхозпроизводители получают более высококачественную, экологически чистую и лучшей сохранности сельхозпродукцию. Соответственно после вступления в ВТО, агропредприниматели страны получают конкурентные преимущества и на мировых рынках. Благодаря этому объемы продажи биопрепаратов АВЗ в мире достигнут в перспективе десятки миллиардов долларов.

Биотехнология решает глобальные экономические и экологические проблемы сельского хозяйства.

Сегодня мы вступили в век глубоких климатических изменений. Фактически их начало было зафиксировано уже в 60-х годах прошлого века. Основная причина связана с природными процессами и, в меньшей степени, с хозяйственной деятельностью человека. В такой ситуации необходимо подумать об очередной адаптации живых организмов к этим негативным явлениям. В этой связи сельскому хозяйству предстоит решить 2 задачи:

В очередной раз внедрить новые формы растений, которые смогут выжить в таких суровых условиях. Это означает, что нашим селекционерам предстоит создать очень устойчивые сорта.

Но и этим новым сортам нужна помощь, поскольку, создав их за очень короткое время, необходимо подумать об их защите, похожей на защиту малолетних детей от неблагоприятных факторов. Здесь имеет значение и система питания, и гормональный статус, и стимулирование, и антистрессовая защита и т.д.

Биотехнология АВЗ обеспечивает реализацию мощнейших возможностей самих растений и окружающих их симбионтов в плане их адаптации к самым неблагоприятным факторам окружающей среды.

Научно практический фундамент АВЗ-биотехнологии:

1. Отработана эффективная технология поиска и выделения новых симбионтных микроорганизмов и оптимального их применения в сельскохозяйственном производстве разных почвенно-климатических зон, сельскохозяйственных растений и животных. Эта задача – наукоемкая и чрезвычайно перспективная и выгодная в экономическом и экологическом плане.

2. Получены биоактивированные гумусные препараты для нанопокровов частиц и гранул минеральных удобрений, что повышает их КПД до 20 %. Разработана технология и создано инновационное оборудование для производства БМВ – гуминовых веществ, оптимизированных по молекулярному весу и размеру мицелл, связанных с биологической активностью.

3. Разработаны 7 видов комплексных биопрепаратов и биоактивированных удобрений, обогащенных биофунгицидами, БМВ – гуминовыми веществами, НРК и микроэлементами в биологически хелатной форме. Такие комплексные препараты обладают высокой экономической эффективностью и успешно решают проблемы экологии

Биохимические механизмы действия эндофитных бактерий на растения изучены в значительной степени из-за их незначительного эндогенного содержания внутри растений, а модельные системы выращивания *Bacillus subtilis* в жидкой культуральной среде или на агаре не отражают истинные симбиотические взаимоотношения растение-микроорганизмы. Вместе с тем для ризосферных бактерий эта картина описана довольно подробно.

Преимущества инновационной АВЗ – биотехнологии:

Преимущество 1. Снижение зависимости от погодно-климатических аномалий.

Преимущество 2. Антистрессовые препараты АВЗ в 2 раза увеличивают прибавку урожая при совместном использовании с гербицидами и др. химическими пестицидами.

Преимущество 3. Поэтапная комплексная, эффективная экологически безопасная защита растений от болезней, вредителей и стрессов.

Преимущество 4. Малозатратное сбалансированное питание.

Преимущество 5. Сохранность и качество урожая.

Таким образом, применение биопрепаратов АВЗ – большой резерв сельского хозяйства в условиях стрессового воздействия абиотических и биотических факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушино, 1989. 155 с.
2. *Фундаментальные и прикладные аспекты* исследования симбиотических систем: Материалы конференции / Всероссийская конференция с международным участием. Саратов, 25–27 сентября 2007 г. Саратов: Изд-во Научная книга, 2007. 116 с.

УДК 631.4

МИНЕРАЛОГО-МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПУСТЫННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

М.П. Лебедева (Верба), Н.П. Чижикова
Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, Москва, m_verba@mail.ru

В настоящее время потребность в диагностике пустынного почвообразования возрастает в связи с глобальной проблемой опустынивания, необходимостью поиска индикаторов опустынивания (в частности, почвенных), задачей оценки обратимости опустынивания. Вызывает интерес и классификационное положение пустынных почв, в связи с отказом от факторной парадигмы в новой классификации почв России и оценкой классификационного положения почв по субстантивным свойствам.

Исследовали зональный ряд пустынных автоморфных почв Монголии, сформированных на слабозасоленных пролювиальных отложениях и засоленных мел-палеогеновых отложениях – бурые, палево-бурые, серо-бурые и крайнеаридные почвы (Евстифеев, 1976, 1988; Панкова, 1992). Целью данной работы явилось: изучение особенностей минералогического состава илистых фракций этих почв; выявление специфики микро- и субмикроморфологической организации почвенных горизонтов и поиск критериев диагностики элементарных почвообразовательных процессов в пустынных почвах.

Минералогический состав илистой фракции (частиц <1 мкм) пустынных почв чрезвычайно разнообразен, что характерно для такой сложной в орографическом и геологическом отношении страны как Монголия. В составе почвообразующих пород были выделены своеобразные ассоциации минералов, каждая из которых приурочена к определенному типу отложений. В пролювиальных отложениях четвертичного возраста преобладают магнезиально-железистые хлориты и гидрослюда двух типов – биотитовые и мусковитовые, присутствует тонкодисперсный кварц, иногда отмечается примесь каолинита. В более аридных регионах к этой ассоциации прибавляется небольшое количество палыгорскита. На засоленные гипсоносные отложения мел-палеогенного возраста имеют мономинеральный палыгорскитовый или смектитовый состав. Ряд отложений более сложного генезиса имеет полиминеральный состав: палыгорскит-смектитовый или хлорит-смектитовый. Анализ минералогического состава эоловых наносов на поверхности пустынных почв свидетельствует о их палыгорскит- гидрослюдистой природе.

Характер и степень выраженности структурной дифференциации верхних горизонтов различны в разных почвенно-геоботанических подзонах пустынь. По градиенту увеличения аридности климата такие современные морфологические признаки аридного почвообразования как: пустынный загар, выраженности коркового и подкоркового горизонтов (везикулярная пористость первого и микрослоистость второго), поверхностная солончаковость за счет эолового фактора и биогенная мобилизация железа проявляются отчетливее (Голованов и др., 2005). Для верхних почвенных горизонтов по данным минералогического состава ила отмечается аморфизация минералов, которая рентгенографически фиксируется по снижению интенсивностей рефлексов минералов, плохой ориентации слоистых силикатов, что связано с большим количеством рентгеноаморфных компонентов. Процесс аморфизации минеральной части почв обусловлен разрушением минералов без промежуточной трансформационной стадии. В наибольшей степени изменяется структурное состояние и количество палыгорскита в илистой фракции, далее следует разрушение смектита. В почвах, сформированных на породах четвертичного возраста и продуктах их переотложения, в со-

стае илистой фракции доминируют гидрослюды и хлориты. Четкость профильного распределения минералов определяется структурными особенностями доминирующих минералов: при преобладании гидрослюд биотитового типа разделение профиля на генетические горизонты происходит более четко, чем при преобладании в ней слюд-гидрослюд диоктаэдрического типа. Во всех изученных гипсоносных срединных горизонтах фиксируется различная разупорядоченность структуры минералов, что является доказательством стадийности разрушения слоистых минералов. На микроморфологическом уровне в срединных горизонтах отмечена солевая деструкция глинистых палеокутан. Итак, по градиенту увеличения аридности климата выявлено разнообразие почвообразующих отложений и разные критерии диагностики элементарных почвообразовательных процессов в пустынных автоморфных почвах, сформированных на различных по засолению отложениях.

По микроморфологическим признакам в ряду от палево-бурых почв к крайнеаридным меняется тип пористости корки, возрастает до абсолютного преобладания доля пузырьковых пор в корковом горизонте, что, вероятно, и определяет низкую водопроницаемость этого горизонта. Выраженность слоистости подкоркового горизонта при увеличении аридности, напротив, снижается, что связано с аккумуляцией солей и гипса в подкорковом горизонте крайнеаридных почв. От палево-бурых почв к крайнеаридным ослабевает гумусонакопление. В данном ряду почв изменяются и микроформы гумуса: – сгустковые, распространенные микрizonaльно, околопоровая пигментация до внутрипоровой аккумуляции жизнедеятельности водорослей и микроорганизмов. Электронно-микроскопическое изучение корковых горизонтов почв выявило различие между организацией внутривпедной массы (ВПМ) и поверхностью округлых пор. Если материал ВПМ характеризуется значительной рыхлостью упаковки и неупорядоченной ориентировкой частиц, то поверхность пор выстилается слоистыми силикатами, ориентированными параллельно поверхности поры и перекрытыми сверху аморфными глинистыми минералами, наличие которых было зафиксировано минералогическими исследованиями. Субпараллельная ориентация тонких частиц вокруг пор свидетельствует о переорганизации частиц плазмы *in situ* в условиях кратковременного гидроморфизма почв во время ливневых дождей летом. В корковом горизонте крайнеаридной почвы мощность зон подобной переорганизации плазмы вокруг пор значительно выше, чем в палево-бурой. Кроме того, внутривпедная масса крайнеаридной почвы характеризуется большей плотностью упаковки мелкопесчаных и пылеватых частиц за счет их скрепления мостиками из окристаллизованного железисто-карбонатно-силикатного тонкодисперсного материала. Аморфные пленки на стенках пор отмечены исключительно в крайнеаридных пустынных почвах.

В ряду изученных почв максимум поверхностной аккумуляции карбонатов приходится на серо-бурые пустынные почвы. Иллювирирование карбонатов, характерное для бурых почв затухает в изучаемом ряду почв. В изученных почвах диагностированы реликтовые железисто-глинистые палеокутаны, которые в настоящее время испытывают различную переработку современными процессами: в палево-бурых и серо-бурых почвах происходит карбонатная деструкция палеокутан, а в крайнеаридных, климатически солончаковых, – солевая. В крайнеаридных почвах, формирующихся в отсутствии высшей растительности при участии синезеленых водорослей, актиномицетов и, возможно, сульфат- и железовосстанавливающих организмов, отчетливо проявляются признаки криптоосолодения (щелочного ферролиза): околопоровое обезжелезнение в корковом горизонте, хлопьевидные микростяжения гидроксидов железа в основной массе (Лебедева и др., 2010). Эти признаки в наибольшей степени выражены в крайнеаридной почве на засоленных отложениях, наряду с микропризнаками процессов засоления и огипсовывания.

Итак, на основании сравнения аналитических данных, микро- и субмикроморфологических признаков и минералогического состава илистой фракции изучены различные по составу почвообразующие отложения, выявлены критерии диагностики почвообразовательных процессов в пустынных автоморфных почвах, сформированных на различных по засолению отложениях. Формирование специфических по составу и строению корковых горизонтов может служить индикатором процесса опустынивания.

УДК 632.125

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ

В.И. Лопушняк

Львовский национальный аграрный университет, Vasyll@mail.ru

Современное состояние аграрного производства в Украине и мире отмечается нарастающими деградационными процессами в почвах, которые снижают потенциальное и эффективное плодородие, негативно влияя на экологическое состояние сельскохозяйственных угодий.

По разным оценкам, в Украине ежегодно подвергаются дефляции более 6 млн. га сельхозугодий. Водная эрозия проявляется на площади около 13.5 млн. га, или на 32 % общей площади государства. В стране насчитывается более 1.5 млн. га сильно и средне эродированных почв, около 70 тыс. га почв, на которых полностью утрачен гумусный горизонт. Ежегодные эколого-экономические убытки от эрозии составляют более чем 1 млрд. долл.

Такое состояние почв требует усиления контроля со стороны государства за ведением аграрного производства, внедрения рациональных и экологически безопасных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе, использования агрохимических средств, проведения общеобразовательных мероприятий по информированию населения о важности охраны педосферы.

Эффективное сельскохозяйственное производство на эродированных почвах возможно при возобновлении их потенциального плодородия, которое базируется на широком внедрении адаптивных систем земледелия, использовании экологически безопасных и экономически целесообразных систем удобрения сельскохозяйственных культур с широким использованием нетрадиционных органических и органо-минеральных удобрений, а также новых видов минеральных удобрений и регуляторов роста растений.

Рациональное использование удобрений возможно при условии систематического мониторинга состояния почвы, изучения тренда её агрохимических показателей под влиянием вносимых агрохимических средств. Интенсивное развитие геоинформационных технологий способствует внедрению новых методических подходов к проведению агрохимического мониторинга эродированных почв. В первую очередь, это формирование баз данных эколого-агрохимического обследования почв; проведение сравнительной оценки агрохимического состояния почв на уровне сельхозпредприятий, района, области; создания цифровых карт; кластеризации почвенного покрова и разбивки полей на элементарные участки с GPS-привязкой, а также даёт широкие возможности адаптации результатов мониторинга к требованиям точного земледелия.

На основании результатов мониторинга почвенного покрова разрабатываются системы удобрения, адаптированные к конкретным природным и экономическим условиям выращивания сельскохозяйственных культур. Дифференцированный подход к внедрению систем удобрения на основе природно-климатических ресурсов хозяйств даёт возможность перехода от интенсивных к экологически сбалансированным системам использования удобрений.

Рациональные системы удобрения ограничивают развитие деградационных процессов в почвах, обеспечивают стабилизацию агрохимических показателей и возобновляют экологическое равновесие в агроценозах. Они дифференцированы по источникам поступления органического вещества в почву и нормам минеральных удобрений, использование которых обеспечивает улучшение гумусного состояния разных типов почв западной Лесостепи Украины, а также высокую биологическую ценность выращиваемой сельскохозяйственной продукции.

УДК 631.5

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ

Н.Г. Ковалев, Ю.И. Митрофанов

Всероссийский НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, г. Тверь

В северо-западной части Нечерноземной зоны одним из основных факторов, ограничивающих продуктивность агроландшафтов, является их мелиоративная неустроенность. Значительная заболоченность, большая закамененность, мелкоконтурность, закустаренность сельскохозяйственных угодий, невысокое естественное плодородие почв создают серьезные трудности для ведения

сельского хозяйства, снижают продуктивность и устойчивость земледелия, эффективность основных факторов интенсификации, производительность труда и т.д. Для организации в таких условиях высокопродуктивного и устойчивого земледелия необходима комплексная мелиорация агроландшафтов и, прежде всего, осушение переувлажняемых земель с применением современных инженерных средств. Устранение переувлажнения позволяет оптимизировать сроки проведения полевых работ, полнее использовать потенциальные возможности вегетационного периода, достаточно ограниченного в Нечерноземной зоне, повысить качество выполняемых полевых работ и др. Появляется реальная возможность для совершенствования структуры посевов, расширения набора культур и увеличения посевной площади под более продуктивными и ценными в рыночном отношении культурами – лен, картофель, ячмень, пшеница, тритикале, создаются условия для введения и освоения севооборотов интенсивного типа, более глубокой специализации предприятий, совершенствования агротехнологий. Оптимизация водно-воздушного режима способствует усилению микробиологических процессов, мобилизации почвенных запасов элементов питания, повышению эффективного плодородия почвы и создает благоприятные условия для интенсификации продукционного процесса, увеличения потенциала продуктивности переувлажняемых почв и устойчивости земледелия.

В наших опытах урожайность ячменя под влиянием осушения (дерново-подзолистая глееватая почва) без применения минеральных удобрений увеличилась, в среднем за 9 лет, с 1.60 до 2.12 т/га – на 0.52 т/га (32.5 %), при внесении минеральных удобрений – с 2.51 до 3.34 т/га – на 0.83 т/га (33.1 %). У овса прибавка урожая от осушения (на фоне удобрений) составила 0.82 т/га, у озимой ржи – 1.95, горохо-овсяной смеси – 2.90 т/га зеленой массы, картофеля – 2.80 т/га. Продуктивность полевого плодосменного севооборота увеличилась в среднем на 25 %, а в многоводные годы — на 51.9 %. Под влиянием осушения продуктивность почв гидроморфного ряда повысилась на порядок, приближаясь к автоморфным почвам (глеевые почвы после осушения выходили на уровень неосушаемых глееватых почв, слабооглеенные — на уровень автоморфных). Коэффициент временной вариабельности урожайности зерновых культур, однолетних трав, картофеля на осушаемой почве был в 1.5–4 раза меньше, чем на переувлажняемой. Только на клевере урожайность под влиянием осушения не изменилась – было получено 26.2–26.5 т/га зеленой массы, а вариабельность урожайности, наоборот, увеличилась за счет засушливых лет.

Одновременно наши исследования показали, что осушение как прием, направленный на гомогенизацию почвенного покрова по водному режиму, чаще всего, не решает в полной мере проблемы почвенно-гидрологической пестроты гумидных агроландшафтов. Гидроморфные почвы с их природным разнообразием после осушения не становятся структурно однотипной единицей агроландшафта. Водный режим осушаемых территорий является, по-прежнему, ведущим фактором их дифференциации и различий в производственном потенциале. Сохраняющееся в остаточной форме переувлажнение, особенно на глеевых почвах, продолжает в той или иной степени оказывать негативное влияние на их водно-воздушный, тепловой, пищевой режимы, сроки наступления физической спелости в весенний период, на рост и развитие сельскохозяйственных культур, их урожайность и качество продукции. Чем выше природная степень гидроморфизма осушаемых почв, тем ниже урожайность полевых культур. В нашем опыте различия в урожайности ячменя, в среднем за 9 лет, между крайними вариантами осушаемых почв, отличающихся по интенсивности проявления признаков гидроморфизма — слабооглеенными и глеевыми, составили 0.62 т/га, овса (с подсевом клевера) — 0.91, озимой ржи — 0.67; картофеля — 5.10 т/га. Во влажные годы различия были значительно больше.

Наличие на осушаемых землях почвенно-гидрологической пестроты является одной из причин, обуславливающих необходимость адаптивного подхода к их использованию, предусматривающего пространственно – дифференцированное размещение культур в агроландшафте. При реализации такого подхода в условиях большого почвенного разнообразия необходимо учитывать также, что осушаемые земли являются только частью современных агроландшафтов. В структуре почвенного покрова сельскохозяйственных предприятий, кроме осушаемых земель, большой удельный вес могут занимать автоморфные и неосушаемые полугидроморфные почвы. В этой ситуации очень важно знать агроэкологический потенциал осушаемых почв относительно других видов земель, прежде всего автоморфных почв, правильно определить место осушаемых земель в структурной почвенной иерархии и пригодность их для выращивания разных культур, что даст

возможность выбрать наиболее рациональный режим их использования в конкретных производственных условиях.

Представление о сравнительной продуктивности разных агроэкологических видов земель может дать их рейтинговая индексация относительно эталонных участков. В своих исследованиях мы провели такую индексацию потенциала продуктивности осушаемых почв относительно автоморфной, принятой за эталон по степени отрегулированности водно-воздушного режима. По агрохимическим параметрам и баллу бонитета автоморфная почва преимуществ перед осушаемыми не имела. Представленные в опыте варианты почвенно-мелиоративных комплексов по степени отрегулированности водного режима размещались в следующем порядке: автоморфные (эталонный участок), осушаемые слабооглеенные, осушаемые глееватые, осушаемые глеевые, неосушаемые глееватые. Выявлена общая закономерность: чем хуже отрегулирован водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя, тем ниже индекс продуктивности пашни. Осушаемые гидроморфные почвы (за исключением слабооглеенных) без дополнительных агро-мелиоративных мероприятий по потенциалу продуктивности (кроме клевера) уступали, как правило, автоморфным, занимая промежуточное положение между ними и неосушаемыми переувлажняемыми аналогами (табл.).

Таблица. Индексы продуктивности осушаемых почв (относительно автоморфной дерново-подзолистой почвы).

Культура	Осушаемая почва			Неосушаемая глееватая почва
	слабооглеенная	глееватая	глеевая	
Горохо-овсяная смесь	0.90/0.64	0.90/0.58	0.63/0.48	0.79/0.66
Озимая рожь	0.99/0.96	0.89/0.88	0.84/0.74	0.45/0.50
Ячмень	0.90/0.86	0.85/0.73	0.74/0.49	0.64/0.34
Овес (с подсевом клевера)	1.03/0.91	0.95/0.76	0.76/0.49	0.71/0.48
Картофель	0.92/1.00	0.84/0.79	0.75/0.60	0.75/0.39
Клевер	1.29/0.98	1.22/0.90	1.03/0.75	1.23/1.00

Примечание: фон – вспашка на 20–22 см; числитель – по урожайности за 9 лет, знаменатель – по урожайности влажных лет

Во влажные годы промежуточное положение осушаемых земель было более заметно, в сухие различия между почвами, наоборот, сглаживались. По общей продуктивности плодосменного севооборота осушаемые земли также занимали промежуточное положение. На автоморфном участке, в среднем за 9 лет, с гектара севооборотной площади было получено 5.57 тонн к. ед., на осушаемом с глееватыми почвами — 5.15 и неосушаемом — 4.12 т/га. В группе осушаемых почв наиболее низким потенциалом продуктивности обладала глеевая почва, наиболее высоким – слабооглеенная. Глееватая почва занимала промежуточное положение.

Переувлажняемые дерново-подзолистые глееватые почвы по продуктивности основных полевых культур уступают автоморфным и осушаемым почвам. Только для клевера более благоприятными почвами были не автоморфные, а дерново-подзолистые осушаемые слабооглеенные, осушаемые глееватые и глееватые неосушаемые. Урожайность клевера на временно переувлажняемой пашне была более устойчивой по годам и на 23.0 % выше, чем на автоморфной. Наиболее низкие урожаи зеленой массы клевера были получены в засушливые, а не во влажные годы. Эти данные показывают, что на временно переувлажняемой пашне высокие и устойчивые урожаи клевера и многолетних злаковых трав можно получать без ее осушения.

Рейтинговая индексация потенциала почв по продуктивности отдельных культур позволяет выбрать наиболее эффективное направление использования осушаемых почв, определять средневзвешенную продуктивность агроландшафта, давать оценку различным вариантам использования осушаемых земель, выявлять экономическую и энергетическую эффективность принимаемых решений на стадии конструирования и проектирования систем земледелия. Дифференцированное использование осушаемых земель в системе адаптивно организованных севооборотов, осуществляемое с учетом их агроэкологического состояния и индексов продуктивности, следует считать важным фактором повышения эффективности земледелия в гумидной зоне, необходимым условием снижения затрат на производство сельскохозяйственной продукции.

На агроэкологическое состояние определенной части осушаемых земель и уровень индексов их продуктивности существенное влияние могут оказывать специальные приемы обработки почвы, направленные на улучшение водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя, водоотводящей способности инженерных систем, ускорение поверхностного стока и т. д. Наиболее важная роль в регулировании водно-воздушного режима осушаемых почв принадлежит глубокому мелиоративному рыхлению, при правильном применении которого наблюдается дальнейшая гомогенизация осушаемой части агроландшафта, выравнивание почвенно-мелиоративных комплексов по продуктивности и сближение их по этому показателю с автоморфными почвами.

Реализация ресурсного потенциала осушаемых земель зависит от уровня применяемых технологий, внесения удобрений и др. факторов интенсификации земледелия. Осушение и агромелиорация создают благоприятные условия для более эффективного использования достижений селекции, минеральных удобрений, интенсивных технологий, новых технических средств и т.д.

В нечерноземной зоне наиболее сильно действующими факторами интенсификации земледелия являются минеральные удобрения и переход на интенсивные технологии возделывания культур. На уровне нормальной технологии (планируемый уровень урожайности – 3.0–4.0 т/га) минеральные удобрения на неосушаемом фоне (переувлажняемые почвы) увеличивали урожайность ячменя с 1.60 до 2.51 т/га, т.е. на 0.91 т/га или 56.8 %, на осушаемом с 2.12 до 3.34 т/га – на 1.22 т/га. Совместное действие осушения и минеральных удобрений повышает эффективность каждого из этих факторов интенсификации земледелия на переувлажняемой пашне. Под влиянием осушения эффективность минеральных удобрений увеличилась на 34.2 %, а эффективность осушительной мелиорации под влиянием минеральных удобрений на 59.6 %. Урожайность однолетних трав под влиянием минеральных удобрений на осушаемых землях повысилась на 61.4 %, овса – на 57.6 %, озимой ржи – на 70.5 % и картофеля в 2.1 раза.

Современные интенсивные агротехнологии возделывания зерновых культур позволяют получать на осушаемых минеральных почвах урожаи на уровне 4.0–6.0 ц/га зерна. В наших опытах урожайность овса при переходе на интенсивную технологию выращивания увеличилась на 1.09 т/га, ячменя – на 1.11–1.27, озимой ржи – на 2.16 т/га, по сравнению с базовой (нормальной) технологией.

УДК 631.4

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

И.В. Михеева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, mikheeva@issa.nsc.ru

Согласно методологии DPSIR для описания взаимодействий общества и окружающей среды необходимо определение индикаторов и развитие методов надежной оценки деградации земель. Получение информации для оценки состояния, прогноза возможных изменений и предотвращения неблагоприятных последствий землепользования, основывается на мониторинге компонентов окружающей среды, включая почвы. Мониторинг связан с получением и накоплением огромного количества данных, для анализа которых необходимы математические методы. Дистанционные методы, космические снимки, ГИС-технологии широко используются в настоящее время при мониторинге окружающей среды. Компьютерные карты служат в качестве электронной визуализации пространственных данных и позволяют географически привязать дистанционные и полевые данные. Независимо от того используются эти средства или нет; текущие и ретроспективные массовые данные о характеристиках природных объектов должны быть статистически проанализированы для получения достоверных заключений, что важно для планирования природоохранного и экологически безопасного землепользования. Однако вследствие высокой почвенной вариабельности существуют проблемы достоверной оценки состояния почв и их трансформации под действием природопользования, изменений климата и других антропогенных и природных процессов.

Почвенные свойства и процессы априорно проявляются стохастически, так как являются результатом функционирования почв как открытой сложной системы, при этом вариабельность и флуктуации являются неотъемлемым свойством на любых уровнях организации. Это означает, что в каждой любой точке имеет место стохастичность, но, тем не менее, объект в целом жестко де-

терминирован, так как свойства почвы определяются суммой большого количества факторов, совокупность которых ведет к детерминированности. Концепция детерминированного хаоса и неопределенности развиваемая Philips (1993) является адекватной основой для понимания данного феномена. Согласно современной философии науки мы применяем термин «вероятностный детерминизм» к развиваемому нами подходу к оценке почв. Логично использовать вероятностные распределения (ВР), которые отражают два структурных уровня – внутреннего строения из элементов с разной выраженностью свойств и детерминации системы. Теоретическая идея использования ВР для оценки трансформаций почв заключается в предположении, что коллективное изменение системы складывается из набора индивидуальных хаотических и совместимых изменений. При этом целостность системы определяется наличием специфических жестких внешних условий, в которых элементы системы существуют.

В нашей работе предложена концепция для целостной оценки состояния почв и их изменений с учетом почвенной вариабельности, при этом вероятностные распределения (ВР), величина дивергенции ВР и статистическая энтропия почвенных свойств используются, как вероятностные индикаторы. На фактических данных, применяя новый статистический подход, показано, что ВР являются надежными интегральными показателями влияния факторов почвообразования на свойства почвы, следовательно, они подходят для сравнения прошедших, настоящих и будущих антропогенных и естественных изменений почв. Величина дивергенции ВР почвенных свойств позволяет выделять наиболее уязвимые и измененные почвенные разности, а также ранжировать естественные и антропогенные воздействия соответственно степени их влияния на почвенные свойства. Кроме того, она может служить мерой фактических межклассовых расстояний, что полезно для оценки качества почвенных классификаций. Статистическая энтропия, вычисляемая через ВР почвенных свойств, является более надежным показателем вариабельности почв, чем другие статистические характеристики. Результаты показали сложное поведение энтропии почвенных систем, тем не менее, критерием их устойчивости является малое изменение статистической энтропии свойств.

Результаты исследований, подтверждающие данную концепцию, приведены в следующих публикациях:

Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв (на примере каштановых почв Кулундинской степи). – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2001. – 200 с.

Михеева И.В. Статистическая энтропия как критерий оценки эволюции и динамики почвенного покрова // Сибирский экологический журнал, 2004, №3, с.445–454.

Михеева И.В. Мониторинг и вероятностно-статистическая оценка устойчивости и изменчивости природных объектов при современных процессах (на примере каштановых почв Кулундинской степи). – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2005. – 103 с.

Михеева И.В. Пространственные флуктуации и вероятностно-статистические распределения свойств каштановых почв Кулундинской степи // Почвоведение, 2005. № 3, с.316–327.

И.В. Михеева. Дивергенция вероятностных распределений свойств почв как количественная характеристика трансформации почвенного покрова // Сибирский экологический журнал – 2009 – № 6 – С.231–236.

Михеева И.В. Изменение вероятностных распределений фракций гранулометрического состава каштановых почв Кулундинской степи под воздействием природных и антропогенных факторов // Почвоведение, 2010, №12, с. 1–12.

УДК 631.10

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ГУМУСА ПИРОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «АСКАНИЯ-НОВА»

Е.Е. Орлова¹, А.П. Алексахин¹, Е.Н. Моргун², Т.И. Ушачева²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, orlova55@mail.ru,

²Биосферный заповедник «Аскания-Нова», morgun148@gmail.com

Пожары в степях Северного Причерноморья – нередкое явление. Один из старейших заповедников на Земле – Биосферный заповедник «Аскания-Нова» – обеспечивает сохранение уникального участка типчаково-ковыльной степи со специфическим почвенным покровом и флоро-фаунистическим комплексом. Однако в последние десятилетия для заповедника «Аскания-Нова» пожары, несмотря на предпринимаемые меры по борьбе с распространением огня, стали настоя-

щим бедствием, захватывающим значительные площади; при этом теряется самое ценное, ради чего создан заповедник – степные целинные участки. Как правило при оценке последствий пожаров влиянию палов на органическое вещество почв уделяется недостаточное внимание. С целью до некоторой степени ликвидировать этот пробел было предпринято изучение гумусового состояния каштановых почв заповедника «Аскания-Нова», подвергшихся пожарам в разные годы.

Объектами исследования послужили 4 разреза темно-каштановых почв заповедника «Аскания-Нова»: разрез I – пожар в 2001 г. – восстановившаяся как в геоботаническом плане, так и по основным параметрам почва, разрез II – пожар в 2005 г., разрез III – пожар в 2007 г. и разрез IV – пожары в 2001 и 2007 гг.

Состав гумуса почвы, восстановившейся после пожара, соответствует типовой принадлежности к каштановым почвам сухих степей. Он характеризуется низким содержанием гуминовых кислот (ГК) фракции 1 (свободных и связанных с подвижными формами полуторных оксидов); меньшим по сравнению с черноземами относительным содержанием гуминовых кислот фракции 2 (связанных с кальцием); значительным преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами (ФК) в верхней части почвенного профиля [1]. Общее содержание ГК и отношение $C_{ГК}$ к $C_{ФК}$ постепенно уменьшаются вниз по профилю.

Исследование образцов пирогенно-нарушенных почв показало, что пожары приводят к снижению содержания гуминовых кислот во всех трех почвах, горевших недавно, наблюдается четко выраженное сужение отношения $C_{ГК}$ к $C_{ФК}$ вплоть до изменения типа гумуса – от гуматного к фульватно-гуматному, при этом максимальное снижение отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ регистрируется в разрезе IV. Это указывает на то, что повторяющиеся за непродолжительное время пожары могут сильно изменять гумусовое состояние почв, в первую очередь, соотношение групп гумусовых кислот. Результатом таких изменений может стать снижение экологической устойчивости почв, и, как следствие, еще большей уязвимости таких почв при возможных последующих пожарах или иных негативных воздействиях.

В составе гумуса темно-каштановых почв преобладают связанные с кальцием гуминовые кислоты фракции 2 (ГК-2). Для гумусового профиля этих почв характерно полное отсутствие признаков перераспределения гуминовых кислот, что и наблюдается в восстановившейся после пожара в 2001 г. почве (разрез I). Тогда как в почвах, подвергавшихся пожарам недавно, в верхнем 5-сантиметровом слое наблюдается снижение доли ГК-2 в составе гумуса, сопровождающееся заметным увеличением их содержания в нижележащем слое. Таким образом, выявлена нехарактерная для каштановых почв дифференциация гумусового профиля. Минимальные значения содержания фракции ГК-2 отмечены в разрезе IV, который подвергся действию пожара дважды. Аналогичная закономерность наблюдается и в разрезе III, горевшем в 2007 г. Более того, эта же тенденция прослеживается и в разрезе II (пожар в 2005 г.). Поскольку фракция ГК-2 в темно-каштановых почвах является весьма биотермодинамически устойчивой, следовательно, снижение ее содержания, вероятно, связано не с биологической деструкцией, а с термодеструкцией.

Изменения в содержании ГК-2 в пирогенно-нарушенных слоях почв сопровождается и изменением их структуры и свойств, что, в первую очередь, прослеживается по изменению их оптической плотности. Коэффициент оптической плотности гуминовых кислот ($E_{C_{ГК-1}+C_{ГК-2}}^{мг/мл}$) возрастает с 22 до 28. Максимальные значения оптической плотности гуминовых кислот рассматриваемой вытяжки наблюдаются в образцах, отобранных с глубины 5–10 см. Все это может свидетельствовать об увеличении доли ароматических структур в молекулах гуминовых кислот.

Следует также отметить, что содержание наиболее лабильной фракции гуминовых кислот, свободных и связанных с подвижными формами полуторных оксидов, увеличивается под влиянием пожаров по сравнению с восстановившейся почвой разреза I. При этом характерно, что в наибольшей степени это проявляется в гумусовом состоянии почвы, горевшей дважды и почвы, затронутой свежим пожаром. Значительных различий в величинах оптической плотности гуминовых кислот фракции 1 во всех исследуемых образцах не выявлено.

На основании полученных результатов можно утверждать, что пирогенный фактор влияет не только на содержание общего органического вещества [2], но и приводит к качественным изменениям гумусового состояния: снижается содержание водорастворимых лабильных форм органических веществ, изменяется соотношение $C_{гк}/C_{фк}$, уменьшается доля черных ГК-2 и увеличивается доля бурых ГК-1. Эти изменения наиболее ярко выражены в почвах, горевших недавно (разрезы III и IV), особенно в почве разреза IV, подвергнувшейся двум пожарам за период 2001–2007 гг. На-

блюдаемый факт можно объяснить несколькими причинами. По-видимому, относительно восстановившаяся за 6 лет к 2007 г. система еще неустойчива, поэтому повторный пожар вызвал более интенсивные и выраженные изменения гумусового состояния исследуемой почвы. Нарушения функциональной активности почвенного микробоценоза и гумусового состояния темно-каштановой почвы, вызванные однократным пожаром, восстанавливаются за 6–9 лет. Повторный пожар вызывает более значительные нарушения, которые, вероятно, потребуют более длительного периода восстановления. Изменения в составе гумуса темно-каштановой почвы заповедника «Аскания-Нова», приводящие к увеличению доли относительно лабильных гумусовых веществ (фульвокислот и бурых гуминовых кислот) дает возможность, по-видимому, активно восстанавливаться почвенному микробоценозу, нарушенному в результате пожара.

Отмеченная при изучении гумусового состояния перегруппировка в составе ГК пирогенно-нарушенных темно-каштановых почв, вызывается, как уже было отмечено выше, не биологическими, а химическими или физическими причинами – поскольку в данном случае наблюдается снижение не более доступных для биодеструкции фракций, а напротив, более устойчивой фракции 2. Вероятно, под действием пожаров происходит некоторая термодеструкция ГК-2, приводящая к разрушению и изменению структуры их молекул, при этом ГК-2 становятся более ароматизированными и оптически плотными, тогда как более мелкие и менее ароматизированные продукты деструкции пополняют собой фракцию ГК-1.

Также, вероятно, уменьшение содержания ГК-2 может объясняться и другими причинами. Как известно, в отличие от ГК черноземов в темно-каштановых почвах ГК образуются в сплошной карбонатной среде и проявляют чувствительность к исчезновению нормального карбоната Са [1]. При степных пожарах, с одной стороны, в самом верхнем слое гумусового горизонта горящий степной войлок может создавать локальные (пусть и не большие по площади) очаги повышения температуры до 800 °С – более чем достаточно для термического разрушения карбонатов (CaCO_3 разрушается при 500 °С, а MgCO_3 – при 400 °С) [3]. С другой стороны, при пожарах наблюдается повышение содержания CO_2 в приземном слое и почвенном воздухе, которое, в свою очередь, влияет на концентрацию и миграцию карбонатов и бикарбонатов [4]. Все это может, вероятно, вызвать передвижение ГК-2 в нижележащий слой гумусового горизонта и обусловить наблюдаемый наплыв в их профильном распределении. Кроме того, этому может способствовать и очень высокая степень дисперсности ГК-2 темно-каштановых почв [1].

Высказанные гипотезы, объясняющие наблюдаемое в пирогенно-нарушенных темно-каштановых почвах, нехарактерное для ненарушенных почв, увеличение содержания ГК-2 в среднем и нижнем слое гумусового горизонта, безусловно, требуют проверки более глубокими экспериментальными исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Л. Наука, 1980. –222 с.
2. Орлова Е.Е., Алексахин А.П., Моргунов Е.Н., Ушаева Т.И. Биологическая активность и некоторые лабильные показатели гумусового состояния почв заповедника «Аскания-Нова», подвергшихся пожарам в разные годы. /Тр. V Всеросс. конф. «Гуминовые вещества в биосфере», СПб, 1–4 марта 2010 г. – СПб.: изд. дом С.-Петербургского гос. ун-та. 2010. Ч. 1. С. 66–70.
3. Rabenhorst M.C. Determination of organic and carbonate carbon in calcareous soils using dry combustion// Soil Sci Soc Am J.– 1988.– V.52.– P.965–969.
4. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник. –М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1985.С. 376–399.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА СИНЕРГИЗМА ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ЛИГНОГУМАТ С РАЗЛИЧНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА

О.А. Осипова

ООО «Научно-производственное Объединение «Реализация экологических технологий»,
Санкт-Петербург, smile-for-you@mail.ru

На сегодняшний день во всём мире резко возрос интерес к удобрениям гуматного типа. Это обусловлено тем, что гуминовые препараты играют важную роль в повышении почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур, не нанося при этом экологического ущерба. Являясь физиологически активными веществами, они регулируют и интенсифицируют обменные процессы в растениях и почве. Но, как известно, в зависимости от типа почв эффективность гуминовых удобрений, и как следствие этого урожайность будут сильно варьировать. Таким образом, становится целесообразным повышение продуктивности гуминовых удобрений посредством увеличения их биологической активности. Для решения данной задачи было предложено использовать регуляторы роста, различного происхождения совместно с гуминовыми препаратами. С целью оценки эффективности их совместного применения на начальном этапе проводилось биотестирование. В качестве гуминовой составляющей был выбран высокоэффективный препарат Лигногумат, содержащий до 90 % солей гуминовых веществ и полностью растворимый в воде. Регуляторы роста – Рибав-Экстра (природный), Агростимулин (комбинированный), Мелафен (синтезированный). В качестве проб были приготовлены смешанные образцы Лигногумата с регуляторами роста, из которых затем готовились рабочие растворы для проведения биотестирования. Причем Лигногумат был выбран с минимальными показателями качества (без микроэлементов) для достоверности результатов опыта. Также наряду с этим была взята проба эталонного образца Лигногумата, биостимуляторов Рибав-Экстра, Агростимулина, Мелафена в чистом виде и контроля (дист. вода). При этом концентрация Лигногумата во всех образцах и эталоне была 0.02 % (от сухих веществ), а регуляторов роста – в заявленной производителем. Биотестирование проводилось по модифицированной методике Гродзинского с использованием в качестве тест-культуры редиса сорта «Чемпион». В ходе опыта определялась всхожесть, прирост корней и зеленой массы редиса в % по отношению к контролю. Полученные в ходе опыта данные позволили выявить стойкий эффект синергизма, полученных комбинированных образцов, по сравнению с исходными компонентами. Это четко видно по приросту биомассы корней, который увеличился в среднем на 20–30 %. (рис.).

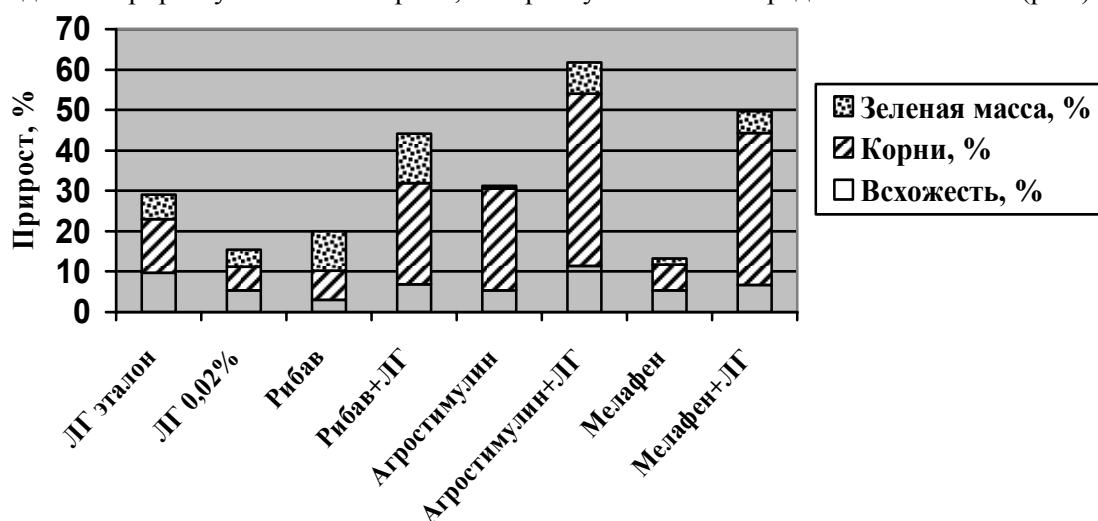


Рисунок. Динамика увеличения всхожести и прироста биомассы редиса.

Следует отметить, что этот эффект на всех комбинированных образцах позволяет не только компенсировать недостаточную биологическую активность испытанного образца Лигногумата, но и существенно повысить эту активность как чистых биостимуляторов, так и эталона ЛГ. В свою очередь Лигногумат при совместном применении позволяет расширить диапазон эффективных концентраций регулятора роста. Таким образом, совместное применение гуминового препарата Лигногумат с регуляторами роста различного происхождения имеет положительную динамику синергетического эффекта и является перспективным для дальнейшего изучения.

Южный федеральный округ (ЮФО) является одним из основных округов Российской Федерации, где сосредоточены пахотные земли страны. ЮФО расположен между $43^{\circ}26'$ – $51^{\circ}15'$ с.ш. и $36^{\circ}35'$ – $49^{\circ}08'$ в.д. В его состав входят Астраханская, Волгоградская и Ростовская области, Краснодарский край и республики Калмыкия и Адыгея (рис.). Площадь округа 42090 тыс. га. Сельскохозяйственные земли занимают 24838.8 тыс. га (60 % от площади округа), из которых на пашню приходится 14696.8 тыс. га (59 % от площади сельскохозяйственных угодий) (Регионы России. Социально-экономические показатели, 2008). Площадь почвенного покрова ЮФО составляет 40051.8 тыс. га (Почвенный покров., 2000). Широкое распространение получили здесь орошаемые земли, расположенные преимущественно в Волгоградской, Астраханской и Ростовской областях, Краснодарском крае и Калмыкии.



Рисунок. Географическое положение Южного федерального округа.

Согласно почвенно-географическому районированию (Добровольский, Урусевская, 2004), ЮФО расположен в 4 почвенных зонах: лесостепной, занимающей незначительную часть округа, с оподзоленными, выщелоченными и типичными черноземами; степной – с обыкновенными, южными, в том числе и солонцеватыми черноземами; сухостепной – с темно-каштановыми и каштановыми почвами, и полупустынной – со светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами. Каждая из последних трех зон занимает около 1/3 площади округа. Кроме перечисленных почв, в ЮФО широко распространены солонцы, а также гидроморфные почвы различной степени гидроморфизма и засоления, включая солончаки.

В почвах ЮФО проявляются как естественные, так и антропогенные процессы, лимитирующие плодородие почв. В черноземной зоне широкое распространение получили эрозионные процессы, а также засоление и осолонцевание. В сухостепной и полупустынной зонах основными негативными процессами являются засоление и осолонцевание, которые часто сочетаются с дефляционными процессами. Все негативные природные процессы усугубляются антропогенным воз-

действием, усиливающим эрозию, дефляцию, а также вызывающим процессы вторичного засоления, осолонцевания, переувлажнения, дегумификации и уплотнения почв.

Засоление и осолонцевание являются главными факторами, влияющими на ресурсный потенциал почв ЮФО, в особенности в сухостепной и полупустынной зонах. Согласно подсчетам по электронной версии карты засоления почв России (1:2.5 млн.), площадь почв, засоленных в верхнем метре профиля, составляет в ЮФО 14287.5 тыс. га (34 % от площади округа и 35.7 % от площади почвенного покрова округа). Наибольшее распространение засоленные почвы получили в Калмыкии, где они занимают 72 % от площади республики, Астраханской (49.7 % от площади области) и Волгоградской (34.4 %) областях. Среди засоленных почв значительное распространение получили сильнозасоленные солонцы – 15.6 % от площади ЮФО и 16.4 % от площади почвенного покрова. Наибольшее распространение солонцы получили в Калмыкии (36.1 % от площади республики), в Волгоградской (19.8 % от площади области) и Астраханской (14.7 %) областях. Наряду с солонцами, в ЮФО широко распространены солонцеватые почвы, как гидроморфные, так и автоморфные, большинство из которых в сухостепной и полупустынной зонах засолены в верхнем метре почвенного профиля, а в черноземной зоне являются глубоко или потенциальнозасоленными. Солонцеватые почвы занимают 22.2 % от площади ЮФО, в том числе в Калмыкии 33.2 % от площади республики, в Волгоградской (28.9 % от площади области), Ростовской (24.8 %) и Астраханской (19.1 %) областях.

Таким образом, ресурсный потенциал почв ЮФО во многом определяется проявлением таких свойств почв, как засоленность и солонцеватость. Вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель, в почвенном покрове которых доля засоленных или солонцеватых почв составляет более 25 %, требует проведения дорогостоящих комплексных мелиоративных мероприятий. Такие земли рекомендуется использовать под улучшенные пастбища с подсевом солеустойчивых культур.

Эффективность использования земель в сухостепной и полупустынной зонах повышается в результате проведения оросительных мероприятий. Орошение в пределах округа, учитывая широкое распространение не только поверхностнозасоленных, но и глубоко- и потенциальнозасоленных почв, без проведения комплексных мелиоративных и гидротехнических мероприятий приводит к вторичному засолению и осолонцеванию почв. Это надо учитывать при возобновлении орошения в ЮФО.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00394).

УДК 631.452

ПУТИ СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

А.М. Пестряков

ГНУ Рязанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, podvyaze@bk.ru

Сохранение и воспроизводство плодородия различных типов почв является важным условием эффективного и устойчивого ведения сельского хозяйства, производства продукции. Однако за последние годы всё более усиливается прямое и косвенное воздействие человека на почву, окружающую среду, что сопровождается ростом процессов деградации. Наблюдается снижение в почвах гумуса, доступных форм фосфора и калия, кальция и магния, возрастает эрозия склоновых земель.

В Рязанской области до 667 тыс. га пашни подвержены водной эрозии. Более сильно процессы эрозии протекают в центральной и южной зонах области, здесь наблюдается большая расчлененность территории – 0.4–0.7 %, до 33 % пашни находится на склонах 1.1–3.3°, около 7 % на склонах от 3.3 до 5.0°.

Этот фактор, а также отсутствие чётко разработанных почвозащитных мероприятий для каждого участка пашни подверженного эрозии, ведет к смыву плодородного слоя почвы, потерям питательных веществ, гумуса, ухудшению агрофизических свойств почвы.

На малогумусных почвах с небольшим гумусным горизонтом отмечена большая зависимость урожайности культур от состояния плодородия, смывости. Под влиянием смывости плодородие тёмно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы резко ухудшается.

Например, содержание гумуса в слое 0–30 см в севообороте с чёрным паром под влиянием эрозии было в пределах 2.816 %, что на 0.174 % ниже несмытой части опыта. Применяя органические удобрения можно уменьшить отрицательное влияние эрозии. При внесении в севообороте навоза содержание гумуса увеличивается до 2.946 % (абс. значение), что на 0.13 % больше варианта без удобрения.

Положительное влияние на сохранение почвы, плодородия оказывают многолетние травы. В севообороте с 33.3 % многолетних трав (бобово-злаковой травосмесью) содержание гумуса на варианте без удобрений увеличивается до 2.94 %, При внесении минеральных удобрений в севообороте содержание гумуса возрастает до 2.956 %, что на 0.016 % выше неудобренного варианта.

Поверхность почвы весной, летом и осенью не должна быть открытой и подвергаться разрушению. Предотвратить это можно за счёт увеличения в севооборотах доли средостабилизирующих компонентов до 50 % (многолетних трав, озимых зерновых, пожнивных и поукосных сидеральных культур). На пашне закрытой зелёными растениями практически прекращаются потери от эрозии, снижаются процессы минерализации, происходит аккумуляция солнечной энергии, связывание её в органическое вещество. В результате значительно увеличивается поступление свежего органического вещества в почву.

Нашими исследованиями установлено, что за счёт пожнивно-корневых остатков, соломы, посева многолетних трав, зеленой массы сидератов в почву поступает 6–6.5 т/га (сух. масса) органики. В почву поступает при этом 2.42–2.6 т/га биологического углерода, что позволяет не только восполнить потери от минерализации, эрозии, но и обеспечить расширенное воспроизводство плодородия почвы. С растительной массой в почву также поступает (возвращается) значительное количество азота, фосфора, калия, кальция и других элементов питания растений.

Исследования показывают, что в почве подверженной эрозии происходят потери кальция и магния, при этом увеличивается кислотность, рН (сол) до 4.7 ед., Н_r до 3.84–4.28 м-экв /100 г почвы.

При применении минеральных удобрений (без внесения извести) кислотность возрастает до 4.46–4.52 ед. рН (сол.), а гидролитическая кислотность до 4.85–5.0 м-экв /100 г почвы.

Следует отметить положительное влияние многолетних трав в севообороте на агрофизическое состояние почвы. К примеру, под влиянием многолетних трав происходит увеличение водопрочных агрегатов размером 0.25– 5 мм до 52.2 % на среднесмытой почве, на слабосмытой до 53.3 %, а в севообороте без трав с чистым паром количество водопрочных агрегатов значительно меньше, соответственно – 45.6 и 48.6 %.

В сохранении плодородия почвы, в борьбе с сорной растительностью, вредителями и возбудителями болезней большая роль принадлежит обработке почвы. Оптимальная система обработки почвы должна быть выбрана для каждого поля, севооборота и отвечать биологическим потребностям возделываемых культур, состоянию плодородия почвы мощности пахотного горизонта, засоренности поля.

Каждая почва стремится к характерной для неё плотности, то есть к равновесной плотности.

В условиях Рязанской области для серых лесных почв равновесная плотность равна 1.40 г/см³, оптимальная для большинства культур в пределах 1.0–1.25 г/см³, это определяет необходимость в разрыхлении почвы.

Исследованиями в отделе земледелия нашего института установлено, что в севооборотах должна быть разноглубинная комбинированная обработка, состоящая из периодически проводимых глубоких вспашек в сочетании с мелкой отвальной обработкой. Использование на окультуренных почвах минимальных обработок.

Производственная проверка модели системы обработки почвы показала её эффективность.

Поступление в среднем в год свежего органического вещества 11.3 т/га (сух. масса), применение минеральных удобрений по выносу превышением на 15–20 % для расширенного воспроизводства плодородия, разноглубинная отвальная обработка обеспечили прирост гумуса на 0.023 % (абс. значение), подвижного гумуса на 0.139 %, общего азота на 0.023 %.

Произошло улучшение строения оподзоленного чернозёма, порозность аэрации достигла 18.6–20.0 %, увеличилось содержание водопрочной структуры, биологическая активность, количество экземпляров дождевых червей и их масса.

Благодаря комплексному подходу, применению переменной разноглубинной обработки почвы, использованию в севообороте пожнивной сидерации, заделке в почву свежего органического

вещества внесенню удобрень, средств защиты растений увеличилась продуктивность до 64.6 ц к. ед. га или на 22.5 % больше базовой технологии. Коэффициент использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) достиг с учетом всей полученной биомассы – 2.95 %.

Таким образом, для сохранения и повышения плодородия тяжелосуглинистых почв необходим комплексный, системный подход, включающий снижение потерь почвы от эрозии, внесение мелиорантов для снижения кислотности почвы, увеличение поступления свежего органического вещества с учетом типа почв, рациональное применение удобрень, средств защиты растений, оптимальную систему обработки почвы.

УДК 631.459

МІГРАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ПРОТИЕРОЗІЙНО ОБЛАШТОВАНОМУ АГРОЛАНДШАФТІ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ

В.І. Полупан, С.Г. Зуза, В.М. Полупан, Н.В. Тютюнник, Ю.В. Ротач

Донецька дослідна станція Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

Національна академія аграрних наук України,

Україна, 85294 Донецька обл., м. Дзержинськ, сел. Новгородське, вул. Садова 16, ddcnnc@ukr.net.

Стратегія використання земельних угідь в Україні постійно обумовлюється, з одного боку, вимогами інтенсивного землеробства, з іншого потребує створення та вдосконалення екологічно збалансованих й меліоративно впорядкованих агроландшафтів. Особливого значення набуває планування ґрунтозахисних заходів і постійний контроль за формуванням ерозійно стійких агроландшафтів. Головна проблема, що має бути вирішена на шляху формування екологічно сталих агроландшафтів – це зниження або припинення деградаційних процесів.

Ерозія займає провідне місце серед процесів, що руйнують ґрунти. Поширення ерозійних процесів на величезній території призводить до істотної деградації ґрунтів, котра спричиняє великі збитки сільськогосподарському виробництву. Тому сучасна концепція ведення землеробства повинна забезпечувати раціональне використання сільськогосподарських угідь, захист від водної та вітрової ерозії, підвищення родючості ґрунтів. Для подолання пагубної дії ерозійних процесів і досягнення стабільного розвитку сільськогосподарського виробництва необхідно ефективно оптимізувати структуру агроландшафту, а це досягається за допомогою ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території.

Основу контурно-меліоративної організації території складає ландшафтний підхід, який полягає в створенні природної і природно-господарської інфраструктури, що відповідатиме особливостям природного ландшафту і господарського використання. Такий підхід вимагає органічного поєднання штучних лінійних рубежів з природними і найбільшого їх наближення до горизонталей.

Головним елементом цієї системи є найпростіші гідропоруди – вали тераси з шириною в основі 10–12 м, висотою 60 см і закладанням відкосів 1:10, які поєднуються деревинно-чагарниковими смугами, де робоча ділянка складає 100 м і утворює комплекс стокорегулюючих рубежів постійного облаштування. Тільки в цьому випадку можливо успішно зарегулювати стік поверхневих вод, зменшити швидкість вітру в приземному шарі і в кінцевому результаті призупинити ерозійні процеси. Конструкцію цих рубежів проектували на розрахунковій основі.

Противерозійну ефективність агроландшафту доповнює ґрунтозахисний обробіток ґрунту, який також впливає на його дефляційну стійкість та завдяки якому послаблюються ерозійні ситуації, де еродованість ґрунту в залежності від грудкуватості та рослинних залишків визначалась рівнянням Шиятим:

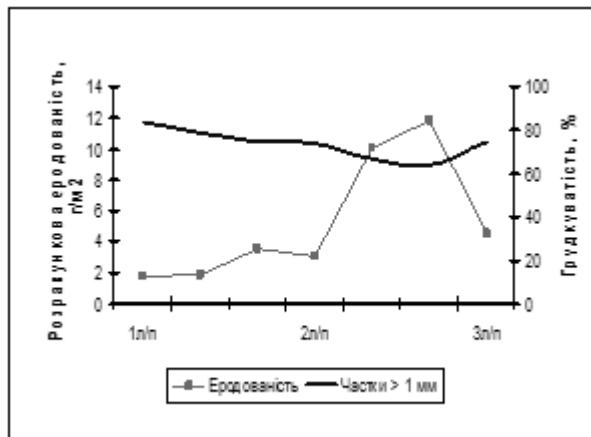
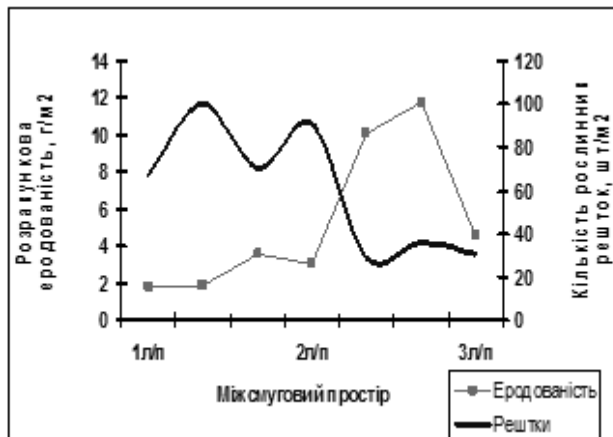
$$Q = 10^{(a - b \cdot k - c \cdot S)}$$

де Q – еродованість ґрунту, г/м²; k – грудкуватість, %; S – кількість рослинних залишків довжиною 15; 20 см, шт/м²; a, b, c – сталі коефіцієнти.

На основі вказаних коефіцієнтів, грудкуватості та кількості рослинних залишків була розрахована еродованість поверхні ґрунту в досліді, тобто теоретично оцінити збиток від можливої дефляції. Цей розрахунковий показник для даної території дозволяє відмітити високу дефляційну

стійкість ґрунту яка в міжсмуговому просторі в залежності від ухилу поверхні (3–9⁰) становила від 1.8 до 11.8 г/м², це зумовлено насамперед відносно великою кількістю рослинних рештків (в середньому 60 шт/м²) на поверхні ґрунту (графік 1).

Дана тенденція зберігається щодо впливу грудкуватості на еродованість ґрунту. Нашими дослідженнями встановлено, що еродованість різко збільшується при зниженні грудкуватості яка також впливає на дефляційну стійкість ґрунту. За оцінкою І. Б. Ревута при грудкуватості більше 50 % ґрунт є дефляційно стійким до ерозії (графік 2).



Графік 1. Залежність показнику еродованості.

Графік 2. Вплив грудкуватості ґрунту від кількості рослинних решток на розрахункову еродованість.

В ланці сівозміни проводилися визначення грудкуватості верхнього шару ґрунту та кількості рослинних залишків перед настанням холодів та в ранньовесняний період. Грудкуватість поверхневого шару ґрунту на території досліді була досить високою, на весні вона знаходилася в межах від 64.4 % до 83.8 %, восени – 78.1–90.3 %.

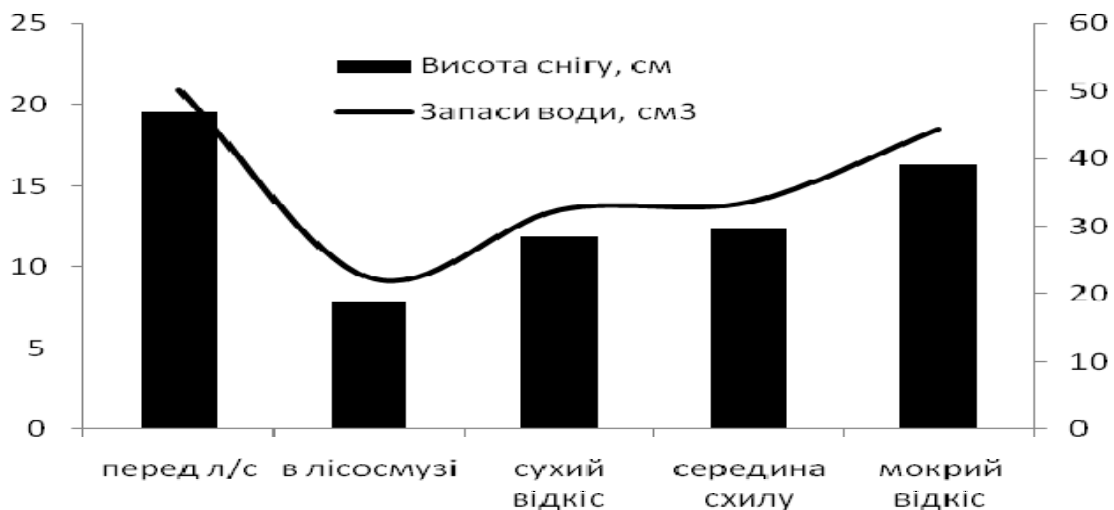
Лісові насадження у вигляді лісосмуг розміщених за горизонталями місцевості, які зумовлюють зменшення ерозійної напруженості ґрунту від суховіїв, та відіграють велику роль особливо на ранніх стадіях розвитку сільськогосподарських культур і являють собою механічну перешкоду вітровому потоку. У 2009 році, зважаючи на відсутність прояву дефляції при вітрових потоках поза зоною дії лісосмуги – 19.6 м/с не спостерігається наявності цього процесу в межах робочої ділянки на полі озимої пшениці, хоча тут швидкість вітру зменшувалась на сухому відкосі (20 м від лісосмуги) до 11.3 м/с, тобто на цій ділянці відбулося зменшення швидкості вітру на 42 %. Далі по схилу (50 м) показник швидкості вітру поступово збільшувався, але все ж він був менший на 31 % ніж з надвітряної сторони лісосмуги, що вказує на позитивну дію самої лісосмуги і ґрунтозахисної системи обробітку ґрунту, який сприяє підвищенню шорсткості поверхні.

В накопиченні, збереженні та раціональному використанні вологи велика роль належить як однорядним лісовим насадженням, так і системі обробітку ґрунту, які сприяють стійкості снігового покриву, зменшують вірогідність появу притертої льодяної кірки, збільшують сніговий шлейф, сприяють зменшенню глибини промерзання ґрунту.

Аналізуючи данні спостережень за твердими опадами в міжсмуговому просторі системи КМЗ спостерігаємо перерозподіл снігового шлейфу під впливом лісосмуг (графік 3).

Графічні дані засвідчують, що потужність снігового покриву на поверхні схилу залежить від його елементів. Максимальна висота снігового покриву зафіксована на мокрому відкосі (16.3 см) і була на 28 % більше ніж на сухому (11.85 см), та на 25 % більша в порівнянні з серединою робочої ділянки (12.37 см). В залежності від висоти снігу запаси води в ньому (без льодяної кірки) відповідно склали 44.4; 32.4; 33.6 см³ при щільності снігу 0.28; 0.27; 0.30 г/см³.

Ранньовесняні натурні спостереження дали змогу виділити солярно-мінімальний тип сніготанення (класифікація М. І. Полупана) за особливостями формування поверхневого стоку і розвитку ерозії – тобто при чергуванні теплих і холодних днів сніготанення відбувалося поступово, поверхневий стік був практично відсутній, через це на полі озимої пшениці відповідно не спостерігались ерозійні явища та втрати ґрунту не відмічались.



Графік 3. Перерозподіл твердих опадів в меліоративній зоні агроландшафту.

Позитивну сумісну дію лісосмуг і ґрунтозахисного обробітку ґрунту підтверджує і енергетичний аналіз, який є одним із важливіших методів оцінки виробництва. Аналіз витрат показав, що найбільша частка в енергетичній структурі припадає на енергоємність насіння озимої пшениці і складає 5431 МДж, що становить 61.2 %. Найбільші витрати енергії (2335 МДж, або 25.3 %) припадають на період збирання врожаю. В цей період витрати енергії на окремі види робіт (паливно-мастильні матеріали та електроенергія) і трудові ресурси є також вищими і складають відповідно 79.65 % та 74.3 % по кожній окремій статті. Це свідчить про те, що при вирощуванні озимої пшениці найенергоємнішим видом робіт є період збирання та первинної обробки отриманої продукції.

Критерій оцінки ефективності ведення сільськогосподарського виробництва визначається коефіцієнтом енергетичної ефективності (К_е). В наших розрахунках цей коефіцієнт становить 4.7, це показує, що вихід валової енергії перевищує витрачену сукупну непоновлювану енергію в 4.7 рази. Тому, ми можемо стверджувати, що дана технологія вирощування в умовах контурно-меліоративно облаштованого агроландшафту наближається до ресурсо- і енергозберігаючої, і дозволяє в процесі виробництва економно витрачати ресурси та енергію без погіршення кінцевих результатів.

Енергетична оцінка параметрів технологічних операцій посилює об'єктивність економічного аналізу виробництва. Тому реалізація технології прямого сіву, що була застосована в системі КМЗ на Донецькій дослідній станції, є не тільки, енергетично доцільною, а й і економічно вигідною.

Основними показниками економічної ефективності виступають чистий прибуток і рентабельність. Розрахунок цих показників дає можливість землекористувачу прогнозувати доцільність застосування даної технології вирощування с.-г. культур в облаштованому агроландшафті. Виробничі витрати на вирощування озимої пшениці обчислювали користуючись технологічною картою. Прямі витрати 2009 року при вирощуванні культури в системі КМЗ склали 1321.54 грн/га. Відповідно природного потенціалу агроландшафту середня врожайність культури склала 25.4 ц/га. Це говорить про те, що дана система підтримує екологічну рівновагу агроландшафту та його економічну доцільність.

Таким чином, ландшафтно-екологічний (адаптивний) принцип землекористування, який базується на загальних принципах аналізу умов рельєфу, технологічних особливостях ґрунтового покриву, біологічних особливостях вирощування сільськогосподарських культур найбільше враховує кліматичні, ґрунтові та рельєфні умови можливості вирощування сільськогосподарських культур щодо формування врожаю і захисту ґрунтів від ерозії.

Как справедливо отмечал В.В. Докучаев (1892), все факторы, лежащие в основе сельского хозяйства, до такой степени тесно связаны между собой, что как при изучении этих факторов, так и при овладении ими, безусловно, необходимо иметь в виду, по возможности, всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные её части.

Оптимизация потенциальных возможностей управления и регулирования урожая сельскохозяйственных культур является важным направлением в рамках хозяйственной деятельности человека. Величина продукционного процесса зависит от многих условий, в том числе и от физиологических особенностей вида растений. Чем полнее создается комплекс необходимых растениям условий, тем выше будет урожай. Заметим, что климатические факторы хотя и прогнозируемы, но – не управляемы.

Почвенными условиями, обеспечивающими поступление воды, воздуха и пищевых веществ из почвы в растения, можно управлять с помощью нескольких видов коррекции: 1) физической, 2) химической и 3) биологической.

Под физической коррекцией понимается система культуртехнических и гидромелиоративных мероприятий направленных на поддержание благоприятного для культурных растений тепловодно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов почв, сохранения наилучшей агрономической структуры почв, использование щадящей механической обработки почв.

Химическая коррекция – система мероприятий, направленная на регулирование продуктивности сельскохозяйственных растений посредством восполнения запасов элементов минерального питания растений в почве, регулирования кислотного и солевого режимов почв, использование синтетических средств, стимулирующих рост и развитие растений, а также с помощью применения химических средств защиты растений. Заметим, химическая коррекция ориентированна в основном на получение валовой продукции растениеводства (как правило, без учёта её качества).

Биологическая коррекция – это способ управления пищевыми звеньями в системе почва-растение посредством воздействия различных приёмов на биологию растений. При этом обязательно должны учитываться физиологические особенности растений.

Традиционное управление производственным потенциалом агропочв. Оно, в основном, нацелено на химическую коррекцию продукционного процесса растений. Управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур главным образом ориентировано на улучшение условий роста культурных растений и дополнительное обеспечение культурных растений элементами минерального питания. Как следствие, балансу азота и зольных элементов в агроэкосистемах уделяется повышенное внимание.

Предлагаемая нами методология управления продукционным процессом культурных растений опирается на следующие теоретические положения: 1) почва и растения образуют единую трофическую цепь; 2) плодородие почв – следствие биологического круговорота биофильных элементов в системе почва-растение; 3) зелёные сосудистые растения помимо неорганических соединений биофильных элементов способны поглощать и ассимилировать различные органические соединения.

Наиболее часто почву рассматривают как некий субстрат, позволяющий растениям механически закрепиться и получать из него необходимые биофильные элементы и воду, но не учитывают, что почва-растение образуют единую трофосистему. Опираясь на анализ научной литературы, выявлено, что трофическое взаимоотношение растений и почвы целесообразно рассматривать как специфическую двойную трофическую цепь, в которой утилизация педобиотой отмерших остатков растений сопровождается созданием (посредством той же биоты) органо-минеральных фитонутриентов. Почва в этой системе выполняет трансформационно-трофическую функцию. Данный подход позволил уточнить определения плодородия почв биогеоценозов и пахотных почв.

Обычно плодородие рассматривается с утилитарной позиции – только как возможность обеспечения растений элементами минерального питания, а продукционный процесс растений – как результат фотосинтеза и реализации производственного потенциала почв. С нашей точки зрения, плодородие почв – следствие функционирования системы почва-растение, при этом продук-

ционный процесс растений зависит не только от климатических условий и потенциальных возможностей почв, но и от физиологических особенностей растений.

С позиции агроэкологии, почвенное органическое вещество выполняет ресурсную функцию, т. е. оно рассматривается как накопитель и источник биофильных элементов, однако из анализа научной литературы следует, что зелёные сосудистые растения способны также поглощать из почвы и ассимилировать органические соединения. Потребление растениями органических молекул способствует обогащению растений энергией. Существование случаев потребления растениями органических соединений значительно расширяет представление о питании растений и о путях регулирования продукционного процесса.

Для растений наиболее благоприятен мullь-гумус. Присутствие муллевого гумуса в почве повышает адаптационные свойства растений. Химизация земледелия привела к тому, что мullь-гумус в пахотных почвах практически не образуется. Начиная с конца XIX столетия и по настоящее время, накоплено огромное число данных о поглощении зелёными сосудистыми растениями органических соединений, включая гуминовые вещества. Гумусовые соединения могут рассматриваться в качестве неспецифических регуляторов роста. Они повышают устойчивость растений к различным неблагоприятным факторам. Существуют несколько путей компенсации недостатка муллевого гумуса в почвах: 1) восполнение видового разнообразия почвенной биоты и создание условий для её существования; 2) внесение в почву продуктов функционирования почвенной биоты, в частности вермикомпостов; 3) использование некорневой обработки посевов растворами гуминовых веществ.

Начиная с конца XIX столетия и по настоящее время, накоплено огромное число данных о поглощении зелёными сосудистыми растениями органических соединений, включая гуминовые вещества. Гумусовые соединения могут рассматриваться в качестве неспецифических регуляторов роста и средства адаптации растений. Использование гуминовых препаратов в качестве некорневых обработок сельскохозяйственных культур позволяет: 1) облегчить транспорт и круговорот питательных веществ в растениях; 2) улучшить дыхание растений; 3) ускорить протекание биосинтетических процессов; 4) снизить содержание нитрат-ионов в растениях; 5) повысить качество продукции растениеводства; 6) увеличить коэффициент использования удобрений растениями; 7) оздоровить сами растения.

Некорневая обработка посевов растворами гуминовых веществ – один из эффективных и экономически оправданных методов управления продукционным процессом растений. Правомочность этого способа подтверждается нашими полевыми опытами в производственных условиях, которые проводились в течение 12 лет на территории Ленинградской, Тамбовской, Астраханской и Волгоградской областей. Величина прибавки урожая сельскохозяйственных культур составляла 20–35 %, а в некоторых случаях и более, при этом качество получаемой продукции также улучшалось. Главная задача управления продукционным процессом растений – использование природных механизмов функционирования трофосистемы почва-растение. Воздействие на продукционный процесс растений должно быть множественным – по возможности направленным на максимальное количество лимитирующих факторов. Чем полнее будет создаваться комплекс необходимых растениям условий, тем выше будет урожай.

УДК 631.95

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫПАСА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-СРЕДНЕПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПАСТБИЩА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Е.Я. Рижия, Л.В. Бойцова, Н.П. Бучкина, Е.В. Балашов

ГНУ АФИ Россельхозакадемии, г. Санкт-Петербург, alen_rizh@mail.ru

Исследована динамика содержания влаги, плотности сложения и минеральных форм азота в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на пастбищных участках ОПХ Суйда, различающихся по состоянию почвенно-растительного комплекса в результате выпаса крупного рогатого скота. Установлено, что в течение всего периода наблюдений (май – сентябрь) почвы на пастбищных участках с сильной интенсивностью выпаса скота характеризовались более высокой плотностью сложения, низким содержанием минеральных форм азота, бедным видовым разнообразием

травянистой растительности по сравнению с участками с менее интенсивным выпасом. Анализ эмиссии N_2O из почвы с помощью модели DNDC показал, что газообразные потери азота в этой форме были больше из почвы со слабой интенсивностью выпаса, чем с более интенсивным выпасом крупного рогатого скота.

ВВЕДЕНИЕ

Антропогенная деятельность на землях кормовых угодий сопровождается изменением физических, химических и биологических свойств почв. Известно, что выпас крупного рогатого скота приводит к уплотнению верхних горизонтов, что в свою очередь влияет на изменение теплового, водного и воздушного режимов почвы, приводит к уменьшению количества микробов в почве. Кроме того, поступление продуктов жизнедеятельности животных изменяет обеспеченность растений элементами питания. В совокупности все это влияет на рост, развитие и структуру растительного сообщества, что в конечном итоге сказывается на обеспеченности кормового состава для животных и выходе количества продукции в виде молока или мяса (Белюченко с соавт., 1996, Ларин с соавт., 1990).

Микроорганизмы, обладая большим видовым разнообразием и исключительной чувствительностью к воздействию природных факторов и агротехнических приемов, могут служить хорошими индикаторами состояния экосистемы. Эмиссия закиси азота (N_2O) из почвы как раз относится к группе чувствительных индикаторов и служит оценкой эффективности сельскохозяйственных мероприятий (Балашов с соавт., 2004).

Цель работы заключалась в исследовании физических, физико-химических параметров и прямой эмиссии N_2O из почв лугопастбищного хозяйства Ленинградской области для агроэкологической оценки почвенно-растительного комплекса при различной интенсивности выпаса крупного рогатого скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Место: Исследования проводили в мае–сентябре 2010 года в ОПХ «Суйда», расположенном в центральной части Гатчинского района Ленинградской области, на одном из пастбищ для выпаса стада из 200 коров. Способ выпаса – пригонная система близ скотного двора с порционным (полосным) использованием пастбищ вокруг фермы.

Почва: Почвенный покров пастбища представлен разновидностями дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв на различных почвообразующих породах. Рельеф – плоская равнина с уклоном 3–4° к реке Суйда, протекающей с юго-восточной стороны пастбища. В пониженных участках склона выражено оглеение, в замкнутых пониженных элементах рельефа развиты болотные и перегнойные почвы.

Методы: Изучение растительного сообщества – по методике полевой геоботаники (Работнов, 1998) с заложением геоботанических площадок площадью 1 м², в 3-х кратной повторности по элементам рельефа.

Анализ почвенных образцов проводился по стандартным ГОСТ – методикам: содержание Собщ – по методу Тюрина, Нобщ – Кьельдаля, NO_3^- , NH_4^+ – по Кудяеву, влажность, плотность сложения, рН – Растворовой потенциометрически.

Анализ концентрации N_2O в образцах воздуха проводили на газовом хроматографе, оснащенном детектором электронного захвата. Расчет эмиссии N_2O и биологических показателей проводился при помощи модели DNDC.

Отбор проб воздуха проводился методом закрытых камер (Бучкина и др., 2008) в 3-кратной повторности 1–2 раза в неделю. Одновременно, в дни отбора проб воздуха из камер, измерялась температура воздуха и почвы. Отбор почвенных образцов для изучения изменения показателей кислотности, плотности сложения, влажности и содержания минеральных форм азота, проводился через 15 дней в местах установок камер.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Прямое воздействие различной интенсивности выпаса коров на растительный покров проявлялось, прежде всего, в изменении количественных соотношений популяций растений, падении продуктивности сообщества. В местах интенсивного выпаса дернина маломощная (до 2 см), в то время как в местах слабого выпаса достигала 8 см. За сезон выпаса скота на исследуемом пастбище

появилось большое количество сорной и мало поедаемой коровами растительности. В местах, где лежали отходы жизнедеятельности коров, разрослась густая трава. Засуха в течение июля и до середины августа 2010 года потребовала усиленного водопооя коров, и в местах установки корыт с водой, из-за сбитости травы, оголилась почва. По окончании периода выпаса, исходя из геоботанического описания растительности, были выделены участки пастбища с разной интенсивностью выпаса. В основу этой градации вошло различие по фитомассе, мощности дернины и физическим свойствам почвы. Участки с большим количеством не поедаемой травы, более мощной дерниной и лучшими физическими свойствами отнесли к слабой интенсивности выпаса (У-1), с плохими физическими свойствами и полным выпадением верховых злаков – высокой интенсивности выпаса (У-3), промежуточные положения заняли участки со средней интенсивностью выпаса (У-2).

Мониторинг кислотности, плотности сложения и почвенной влаги верхних горизонтов в местах отбора проб в течение периода выпаса скота показал, что исследуемые показатели достоверно ($p < 0.001$) зависели от погодных условий и степени выпаса коров. Почвенные разновидности пастбища характеризовались слабокислой реакцией среды. В течение сезона во всех вариантах исследования наблюдалось незначительное снижение этого показателя в сторону подкисления. Более кислая реакция среды отмечена на У-3, в которых pH_{KCl} изменялся от 5.1 до 4.4. На У-1 и У-2 – от 6.6 до 5.1. Особое внимание уделялось изучению объемной массы почвенных разновидностей пастбища и связанной с ней пористостью. Давление на верхние слои почвы, которое у коров составляет от 2–5 $kg\ cm^{-3}$ (Раменский и др., 1956), оказывает прямое влияние на изменение этих показателей. Физические свойства почвенных разновидностей существенно зависели от погодных условий. В июне показатели плотности почвы были достаточно низкими и варьировали от 1, 03 до 1, 18 $g\ cm^{-3}$. Июльская и августовская засуха и выпас коров привели к достоверному ($p < 0.001$) увеличению плотности до 1.55–1.75 $g\ cm^{-3}$. Существенных различий по этому показателю между вариантами выпаса получено не было, однако более плотная почва наблюдалась на У-3. Влажность почвенных разновидностей в течение сезона выпаса в слое 0–10 см менялась в широких пределах в зависимости от погодных условий и от положения почвы в рельефе.

Средние значения содержания Собщ за весь период наблюдений были достоверно ($p < 0.05$) меньшими на У-3 (2.9 %), чем на У-1 (3.7 %) и У-2 (3.6 %). Количество N_{min} возросло с начала выпаса коров (30 $mg\ N\ kg^{-1}$) до 80–120 $mg\ N\ kg^{-1}$ почвы в июне и уменьшилось в августе до 18–21 $mg\ N\ kg^{-1}$ почвы. При этом на У-3 отмечалось недостоверно меньшее содержание этого показателя по сравнению с другими вариантами.

Изменение эмиссии N_2O было рассчитано при помощи модели DNDC. Исходя из полученных данных, участки, на которых осуществлялась разная интенсивность выпаса коров, имели достоверные различия ($p < 0.001$) по кумулятивным эмиссиям N_2O . Наибольшая кумулятивная эмиссия N_2O приходилась на У-1 – 1776 $g\ N_2O\ ga^{-1}$. Из У-2 за 95 дней выделилось 1530 $g\ N_2O\ ga^{-1}$, У-3 – 709 $g\ N_2O\ ga^{-1}$. В течение вегетационного периода эмиссия N_2O была выше в начальные дни выпаса и уменьшалась к его концу. Минимальные значения этого показателя наблюдались во время летней засухи с июля по середину августа. Наши данные согласуются с результатами работы Вольфа (Wolf et al., 2010) и его коллег, которые показали, что интенсивный выпас крупного рогатого скота приводит к уменьшению количества микробов в почве, делая условия в ней менее благоприятными для выработки N_2O .

ВЫВОДЫ

1. При сильной интенсивности выпаса произошла смена видового состава растительности, уменьшилась высота и площадь покрытия. Дернина характеризовалась малой мощностью – 2 см. При слабой интенсивности выпаса развились верховые злаки, увеличилось количество сорной растительности, при этом дернина характеризовалась большой мощностью – до 8 см, увеличилась площадь не стравленных участков.

2. Установлено, что физические и химические свойства почв пастбища достоверно ($p < 0.001$) зависели от погодных условий и интенсивности выпаса коров. В местах сильного выпаса почвенный покров характеризовался ухудшением физического и химического состояния. Плотность почвы возросла от 1.1 до 1.7 $g\ cm^{-3}$, содержание минерального азота было достоверно меньшим ($p < 0.05$).

3. Кумулятивная эмиссия N₂O из почвы со слабой интенсивностью выпаса была наибольшей и составила за 95 дней выпаса 1776 г N₂O га⁻¹. Из почвы со средней интенсивностью выпаса выделилось 1530 г N₂O га⁻¹, с высокой интенсивностью – 709 г N₂O га⁻¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И.С. Агроландшафтная экология – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 1996, 250 с
2. Ларин И.В., Иванов А.Ф., Бегучев П.П., Работнов Т.А., Леонтьев И.П., Чурзин В.Н., Лепкович И.П. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. – 2-е изд., перераб и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990, 600 с.
3. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову // – М.: Сельхозгиз, 1956. – 320 с.
4. Балашов Е.В., Домбек-Шрениавска М. Оценка состояния лабильного органического вещества и микробного сообщества в супесчаной лювизоли/ Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004., с.99–102.
5. Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология: Учеб. пособие. М: Изд-во МГУ. 1998. 240 с.
6. Бучкина Н.П., Балашов Е.В., Рижия Е.Я., Павлик С.В. Мониторинг эмиссии закиси азота из сельскохозяйственных почв // Методические рекомендации. СПб, Россельхозакадемия, 2008, 20 с.
7. Растворова О.Г., Андреев Д.П., Газарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. Химический анализ почв: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. 264 с.
8. Wolf B., Zheng X., Bruggemann N., Chen W., Dannenman M., Sutton M.A., Wu H., Yao Z., Butterbach-Bahl K. Grazing-induced reduction of natural nitrous oxide release from continental steppe // Nature, 2010, 464: p. 881–884.

УДК 631.4

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Е.Б. Скворцова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, eskvora@mail.ru

В почвоведении под физической деградацией понимают «негативное изменение (деформацию) сложения почв и ухудшение комплекса их физических свойств» [1]. Данное определение включает представление о деформации почвенного сложения, то есть об изменении пространственно-геометрической организации почвенной массы. Согласно определению, пространственно-геометрические показатели должны участвовать в оценке физической деградации почвы. Однако до последнего времени количественный учет этих показателей не проводился. Широко используемые показатели плотности, пористости и агрегатного состава пахотных горизонтов характеризуют степень уплотнения почвы и распределение агрегатов по размерам, но не отражают геометрических нарушений почвенных агрегатов и пор. В результате при оценке деградации почвы теряется важная пространственная информация. Это не только сужает возможности диагностики почвенной деградации, но также обедняет представления о негативных процессах и явлениях, присущих деградированным почвам.

Главными носителями информации о пространственно-геометрической организации почвенной массы являются твердые структурные элементы и поровое пространство, дополняющее эти элементы до полного объема почвы. В ненарушенных образцах поровое пространство более информативно, чем почвенные агрегаты. С одной стороны, геометрическое строение пор упаковки буквально отражает форму и взаимное расположение структурных отдельностей. С другой стороны, поры, не связанные с агрегированностью почвы (биогенные поры, поры выщелачивания), сами формируют структурную организацию почвы. Мезо- и микроморфометрические исследования прозрачных шлифов из ненарушенных почвенных образцов показали, что эмпирические распределения пор по форме отражают основные типы структурной организации почвы. При комковатой структуре в поровом пространстве преобладают изометричные изрезанные поры упаковки комковатых агрегатов, при угловато-блоковой структуре – вытянутые изрезанные и трещиновидные поры. В почве с массивным, не разделенным на агрегаты строением большинство пор имеет изомет-

ричную слабоизрезанную и округлую форму. В случае анизометричных структур большое значение имеет распределение пор по ориентации, которое отражает наличие и ориентацию вытянутых агрегатов. Изменения в характере распределений пор по форме и ориентации указывают на пространственную деформацию почвы. Таким образом, морфометрические данные о строении пор в шлифах можно рассматривать как дополнительные показатели физической деградации пахотных горизонтов.

Для характеристики различных вариантов морфометрической деформации почвы были исследованы пахотные горизонты суглинистых агропочв европейской территории России (ЕТР) при различной агрогенной нагрузке. Исследовали следующие варианты неблагоприятного сельскохозяйственного воздействия на почву: 1 – длительная распашка дерново-подзолистой почвы без внесения удобрений; 2 – длительное внесение 3NPK в агродерново-подзолистую почву; 3 – избыточное уплотнение агросерой почвы тракторами; 4 – длительное применение черного пара в агрочерноземе типичном; 5 – длительная мелкая обработка агрочернозема южного; 6 – орошение содовыми водами агрочернозема южного под посевами пшеницы. Кроме того, исследовали варианты благоприятного воздействия на почву: 1 – длительное внесение навоза в агродерново-подзолистую почву; 2 – распашка серой лесной почвы и чернозема типичного на фоне удобрений без избыточного уплотнения тракторами; 3 – безотвальное рыхление агрочернозема южного; 4 – возделывание овсяно-гороховой смеси на агрочерноземе южном в богарных условиях.

Строение порового пространства изучали в шлифах вертикальной ориентации размером 3×4 см с помощью компьютерного анализа изображения. Измеряли все видимые в шлифах макропоры диаметром 0.2–2.0 мм, для каждой поры определяли площадь (S), периметр (P), поперечный и продольный габариты (соответственно D и L). По результатам измерений рассчитывали фактор формы $F=(4\pi S/P^2+D/L)/2$. Определяли также показатель ориентации пор как угол отклонения длинной оси поры от вертикали. Анализировали характер распределения пор по 5 классам формы (трещиновидные $F\leq 0.2$; вытянутые изрезанные $F=0.21-0.4$; изометричные изрезанные $F=0.41-0.6$; изометричные слабоизрезанные $F=0.61-0.8$; округлые $F=0.81-1.0$) и по 3 классам ориентации (вертикальные и субвертикальные, наклонные, горизонтальные и субгоризонтальные) [2].

Микроморфометрический анализ показал, что во всех недеградированных пахотных горизонтах на глубине 0–10 см распределение пор по 5 классам фактора формы F имеет симметричный вид с хорошо выраженным максимумом в среднем классе с $F=0.41-0.6$. Такое распределение пор по форме специфично для комковатой структуры почвенной массы. Распределение пор по ориентации близко к равномерному или имеет тенденцию к преобладанию вертикальных и субвертикальных пор. Это означает, что поровое пространство, а также большинство почвенных агрегатов в пахотном горизонте в целом изометричны. Горизонтальные поры для недеградированных пахотных горизонтов не характерны. Полученные результаты показывают, что в ходе благоприятного сельскохозяйственного освоения происходит агрогенная конвергенция формы и ориентации макропорового пространства суглинистых почв, что отражает агрогенную конвергенцию формы и ориентации почвенных агрегатов. Процессы конвергенции возникают в результате механической обработки почвы и усиливаются по мере ее окультуривания. Наличие агрогенной конвергенции позволяет принять единый оптимальный уровень пространственно-геометрической организации пахотных горизонтов для всех суглинистых почв ЕТР. Для этого уровня характерно обилие комковатых агрегатов, разделенных изометричными изрезанными порами упаковки без преимущественной ориентировки.

Нарушение оптимального строения пахотных горизонтов проявляется по-разному. В деградированных почвах возможно уплотнение почвенной массы без изменения формы и ориентации пор и агрегатов, деформация пор и агрегатов без изменения их ориентировки, изменение формы и ориентации пор и агрегатов и др. При этом различные виды сельскохозяйственного воздействия часто приводят к одному и тому же типу структурно-геометрического состояния почвы. Так, в деградированных почвах разного генезиса преобладают сходные типы строения пор, характерные для трещиновато-массивной и массивно-трещиноватой структуры пахотных горизонтов. В целом, несмотря на разнообразие почв и видов сельскохозяйственного воздействия, набор деградированных структурных состояний почвы на агрегатном уровне ограничен несколькими главными типами: а) – окультуренная почва с рыхлой упаковкой изометричных комковатых агрегатов; б) – слабое уплотнение почвы без существенного изменения формы и ориентации пор и агрегатов; в) – деформация пор и агрегатов без существенного изменения их ориентации; г) – деформация пор и агрега-

тов с переориентацией пор в горизонтальном направлении; д) – сливание агрегатов в массивную (неагрегированную) почвенную массу. Последние три типа специфичны для различных уровней физической деградации почвы. Умеренная и средняя деградация характеризуется переходом от округло-комковатых агрегатов к агрегатам другой формы: комковато-микроблоковым, угловато-блоковым, плитчатым, пластинчатым. Уровень экстремальной пространственно-геометрической деградации соответствует полному исчезновению обособленных структурных отделенностей в пределах шлифа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Методика* определения размеров ущерба от деградации почв и земель. Письмо Роскомзема от 29.07.94 N 3–14–2/1139.

2. *Скворцова Е.Б.* Микроморфометрия порового пространства почвы и диагностика почвенной структуры //Почвоведение. 1994. № 11. С. 42–49.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 10-04-00353-а

УДК 631.4

ПЕДОГЕННЫЕ ИНДИКАТОРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОПУСТЫНИВАНИЯ В СТЕПНОМ БИОМЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Б.А. Смоленцев, Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, pedolog@ngs.ru

Согласно современным представлениям [1, 2] под опустыниванием понимается деградация земель в аридных, семиаридных и засушливых субгумидных регионах в результате неблагоприятных антропогенных или природных воздействий. Это означает, что проявление данного процесса возможно не только на территориях прилегающих к пустыням в пустынной или полупустынной зонах, но и в степной и даже в лесостепной зонах бореального пояса. В рамках Конвенции ООН [1] понятие земли включает почвенные и местные водные ресурсы, поверхность земли и растительность (или сельскохозяйственные культуры). Понятие «деградация» подразумевает снижение ресурсного потенциала в результате воздействия на земли одного или комплекса процессов как естественного характера (потепление климата и его аридизация), так и антропогенно индуцированных.

Согласно исследованиям, обобщённым Виноградовым [3], в Западной Сибири (ЗС) признаки опустынивания наблюдаются в пределах Алтайского края, Омской и Новосибирской областей, в степной и южной части лесостепной зоны, в районах характеризующихся засушливым субгумидным климатом. В связи с дальнейшим усилением деградационных изменений в экосистемах этих территорий возникает необходимость мониторинга опустынивания.

Для диагностики деградационных процессов нами была использована система индикаторов, разработанная совместно сотрудниками Центра изучения окружающей среды (УФЦ) г. Лейпцига (ФРГ) и ИПА СО РАН [4]. Преимуществом её является геосистемный подход к характеристике деградационных изменений, что позволяет оценить процессы и явления в их взаимосвязи и взаимозависимости. В рамках предложенного подхода все компоненты природной (почвы, поверхностные и грунтовые воды, растительность) и социальной (население, посёлки, дороги) среды рассматриваются как объекты с определёнными свойствами. Объекты связаны между собой через процессы, протекающие в геосистемном комплексе. Характеристика скорости и направлений протекающих процессов может быть выражена качественно или количественно через определённые параметры (длина, площадь, объём, концентрации и пр.). В результате всестороннего анализа ситуации были выбраны наиболее важные параметры, названные индикаторами опустынивания.

Индикаторы опустынивания – это контролируемые показатели процессов, изменяющих свойства объектов в сторону их ухудшения и ведущие к снижению ресурсного потенциала всего геосистемного комплекса. Эти показатели можно измерить или рассчитать. Важное значение этих индикаторов заключается в том, что их можно использовать как параметры мониторинга процесса опустынивания. В рамках предложенной системы все индикаторы объединены в пять групп: 1) Ландшафтно-динамические; 2) Почвенные (педогенные); 3) Гидрологические и гидрогеологические; 3) Вегетационные; 4) Социально-экономические. В рамках представленных тезисов охарактеризуем педогенные и гидрологические индикаторы.

Гидрологические индикаторы – это показатели, характеризующие процессы, происходящие с поверхностными и грунтовыми водами. Одним из индикаторов опустынивания является изменение режима функционирования речной сети и уменьшение акваторий озёр. По данным наземных наблюдений в последние десятилетия в южной части ЗС отмечается пересыхание некоторых рек (Баган, Кулунда) в летнее и осеннее время. Причиной отмирания речной сети является уменьшение объёмов жидкого стока, как в результате глобальных климатических изменений, так и антропогенного влияния (строительства ряда дамб выше по течению и увеличение водозабора). Значительное уменьшение объёмов стока изменили и гидрологический режим многих озёрных систем юга ЗС. В современный период они значительно деградируют. Во многих озёрах повышается минерализация воды, часть озёр полностью пересохла. На дне озёр, обнажающихся в результате испарения воды, происходит формирование сорowych солончаков.

При выборе педогенных индикаторов опустынивания нами учитывалось, что для природно-территориальных комплексов в целом, и почвенного покрова в том числе, характерна иерархическая структурная организация. Поэтому индикация процессов опустынивания должна проводиться на всех уровнях организации педосферы. Для каждого иерархического уровня характерны свои объекты исследования и, соответственно, свои методические подходы для их изучения. В рамках изучения педогенных индикаторов мы рассматриваем следующие уровни организации педосферы: 1) ландшафтный; 2) уровень структуры почвенного покрова (СПП), почвенных комбинаций (ПК) и элементарных почвенных ареалов (ЭПА); 3) горизонтно-профильный; 4) ионно-молекулярный.

Ландшафтный уровень предполагает оценку изменений структуры всего геосистемного комплекса и соотношение между отдельными его компонентами, в частности соотношение между водными и почвенными, природными и техногенными объектами. Важным показателем является также изменение соотношений между естественными и антропогенно трансформированными почвами. На этом уровне основным методом изучения является картографирование эталонных полигонов на базе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Мониторинг почвенного покрова и отдельных его компонентов проводится на основе сравнения серий разновременных космических снимков на определённой территории.

Педогенными индикаторами для уровня СПП могут служить различные характеристики. Выбор показателей зависит от конкретных ландшафтно-экологических условий, что можно продемонстрировать на конкретном примере. В настоящий период времени в естественных условиях развития почвенный покров степного биотома ЗС в пределах Кулундинской равнины имеет гетерогенно-монотонную неоднородность. Это обусловлено его невысокой классификационной сложностью, средними показателями генетической контрастности. Степень генетической контрастности почв Кулунды зависит от следующих факторов: увлажнение, оглеенность, выщелоченность, засоленность, солонцеватость, кислотность, эродированность, дефлированность, мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, гранулометрический состав. Доминирующие почвы Кулунды – каштановые малогумусовые. Их контрастность принята за единицу. Степень контрастности остальных почв рассчитывается как суммарный балл различий их почвенных характеристик по отношению к доминирующей почве. Самыми контрастными почвами в Кулунде, стоящими по краям классификационного ряда и имеющим примерно равный коэффициент контрастности, являются солончаки соровые и черноземы текстурно-карбонатные. В настоящее время соотношение площадей этих почв – 12:1. Отсюда и невысокая генетическая контрастность СПП. В результате аридизации климата может произойти усыхание озёр в Кулунде. Общая площадь солёных озёр в Кулунде около 150 тыс. га, что примерно соответствует площади черноземов. Сужение приведенного соотношения ведет к общей гетерогенности СПП. Если же площадь солончаков превысит площадь черноземов, гетерогенность сменится на монотонность и гомогенность. Данный переход считается критическим для состояния почвенного покрова. Таким образом, если на определенной территории мы наблюдаем увеличение гетерогенности почвенного покрова за счет таких почвенных характеристик как засоленность, солонцеватость, дефлированность, то можно с уверенностью говорить о деградации её СПП. Если же по этим же параметрам мы получаем увеличение гомогенности СПП, то необходимо говорить о кризисной ситуации существования ландшафта.

Для уровня ПК и ЭПА проводится мониторинг морфометрии отдельных компонентов почвенного покрова с использованием стандартных показателей, таких как контурность, площадь контуров, степень дифференциации величины почвенных контуров (ДПК) и почвенных периметров (ДПП), коэффициент расчленения (КР). На этом уровне в качестве индикатора опустынивания пер-

спективно изучение площадной динамики сорových солончаков и сильно засоленных почв. Для проведения мониторинга закладываются почвенно-геоморфологические профили, имеющие точные координатные привязки, а также картографирование почв с использованием ДДЗ. Мониторинг проводится на основе ДДЗ, также как для ландшафтного уровня, но объектами являются определённые ЭПА и их комбинации. Рекомендуемая периодичность наблюдений 3–5 лет.

На горизонтно-профильном уровне в качестве объектов мониторинга выступают свойства отдельных почвенных профилей и их горизонтов. Фиксируется изменение различных показателей (морфометрических, химических) как путём сравнения трансформированных почвенных профилей с эталонными ненарушенными (если это возможно), так и одних и тех же объектов, но в разное время. Примером индикаторов для этого уровня может служить дегумификация пахотных почв, которая диагностируется по уменьшению содержания органического углерода в почвах, мощности гумусового профиля и снижению запасов гумуса в почвенной толще в целом. Сюда же относятся такие индикаторы как скелетизация и опесчанивание почв. Скелетизация – это аккумуляция скелета (частиц размером 1–3 мм) в верхних горизонтах почв – слое 0–5 или 0–10 см. Скелетизацию можно рассматривать как результат дефляции: выдувание тонких и мелких фракций и соответственно процентное увеличение более крупных фракций. Опесчанивание постветроморфное – развитие природных комплексов при эоловом развевании слабозадернованных супесчаных (песчаных) почв с образованием стратифицированных эолово-аккумулятивных почв на эолово-аккумулятивных формах рельефа.

Изучение индикатора проводится на геокодированных точечных объектах – почвенных разрезах и профилях, имеющих точную координатную привязку по GPS. Почвенный профиль является объектом классификации почв, поэтому на данном уровне можно исследовать также классификационное разнообразие почв любой территории, но лучше всего проводить его на эталонных полигонах каждые 5 лет.

К ионно-молекулярному структурному уровню относятся исследования химических свойств и химического состава конкретного почвенного объекта и трансформация этих параметров во времени под влиянием различных циклических процессов. Это, прежде всего, галогеохимические характеристики: структура ионно-солевых профилей, состав поглощающего комплекса и твердых солей почв автономных и подчинённых ландшафтов, а также трансформация этих профилей под влиянием различных факторов. Методы исследования стандартные, однако почвенные объекты должны иметь точную координатную привязку по GPS. В этом случае результаты сравнительного анализа свойств почв в разные периоды времени могут быть корректными и можно исключить влияние естественной пространственной вариабельности почвенных свойств. Необходимо провести первичные наблюдения за динамикой сначала ежегодно в течение 3–5 лет и затем повторять через 5 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конвенция* Организации Объединённых Наций по борьбе с опустыниванием, 1994.
2. *Куст Г.С.* Опустынивание: принципы эколого-генетической оценки и картографирования. – М.: Наука, 1999. – 362 с.
3. *Виноградов Б.В.* Динамика природных процессов и функционирование природных экосистем. – Вестник МГУ, Геогр. серия, 1997, № 5. – С. 92–105.
4. *B.C. Meyer, V. Schreiner, E. N. Smolentseva, B.A. Smolentsev.* Indicators of desertification in the Kulunda Steppe in the south of Western Siberia. – Archives of Agronomy and Soil Science, Vol. 54, No. 6, December 2008. С. 585–603.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №14 «Разработка системы комплексной индикации процессов опустынивания для оценки современного состояния экосистем Сибири и Центральной Азии, создание на ее основе прогнозных моделей и системы мониторинга» подпрограммы «Проблемы опустынивания» программы РАН № 16.

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит их к существенным изменениям как морфологических, морфогенетических и агрофизических свойств.

Объектами исследований являются черноземы выщелоченные и типичные. Метод исследования – почвенно-геоморфологические профили, заложенный СХА им. Ленина Аннинского района Воронежской области, который расположен согласно почвенному районированию Воронежской области в Воронежско-Эртильский район типичных мощных и среднемощных черноземов (Адерихин, 1963). Он представлен склоном западной экспозиции, длина склона 1925 м крутизна изменяется от 0 до 4.5°, перепад высот – 45 м.

Отбор почвенных проб для исследований производился из каждого генетического горизонта основных почвенных разрезов, расположенных соответственно в верхней, средней и нижней части геоморфологического профиля. В пробах определяли: гранулометрический состав, содержание гумуса, плотность почвы (d), плотность твердой фазы (d_v); рассчитывали: пористость почв общую (P_o), эффективную теплоемкость (C) Она может быть определена по формуле Андрианова (Качинский, 1970): $C = 0.2 x + 0.7 y + (W-y)$, коэффициент оглинивания ($K_{огл}$) и баланс ила (\pm) рассчитанные по Валькову, Крыщенко (1973):

$$K_{огл} = \frac{A_g : B_g}{A_n : B_n}; \text{ Била} = \frac{(A_n - A_g)}{A_n} \cdot 100,$$

где C – эффективная теплоемкость, Дж/г \times °С; x – суммарное содержание минеральных частиц, %; y – содержание прочно связанной воды, %; W – влажность почвы, %; A_g и A_n – содержание частиц <0.001 мм в почве и породе, %; B_g и B_n <0.01 мм в почве и породе, %. Оглинивание отмечается при коэффициенте >1. Результаты исследований представлены в таблице.

Для выщелоченных черноземов характерна темно серая окраска гор. $A_{пах}$, глыбистая структура, с буроватым оттенком в гор. АВ с крупнозернисто-ореховатой структурой. Гор. В имеет темно-бурю окраску, уплотненное сложение, ореховато-призматическую структуру, по граням структурных отделностей гумусовые и глинистые кутаны. Сразу же под ним залегает карбонатно-иллювиальный горизонт, обогащенный карбонатами в виде псевдомицелия. Для типичных черноземов характерна темно-серая окраска гор. А глыбистая структура пахотного слоя, постепенность и ясность перехода одного горизонта в другой и наличие линий вскипания от соляной кислоты на нижней границе гумусовой толщи (гор. АВ).

Важной характеристикой является состав и свойства почвенной матрицы, которая представлена данными гранулометрического состава по методу Н.А. Качинского. По содержанию физической глины все рассматриваемые черноземы относятся к тяжелосуглинистым разновидностям.

Для чернозема выщелоченного характерно элювиально-иллювиальное распределение ила по почвенному профилю, что является важнейшей генетической особенностью этого подтипа. Расчет $K_{огл}$ свидетельствуют о развитии процесса оглинивания гор. В и ВС. Однако, интенсивность этого процесса не велика, т.к. коэффициент оглинивания варьирует в пределах 1.01–1.07. Гумусовый горизонт характеризуется положительным балансом ила. Иллювиальный и переходный горизонты имеют незначительный отрицательный баланс ила.

Для чернозема типичного расположенного в средней части склона характерно постепенное возрастание содержания ила вниз по почвенному профилю, что свидетельствует о некотором утяжелении гранулометрического состава, а для расположенного в нижней части склона, характерно убывание ила по почвенному профилю. Высокое значение $K_{огл}$ в пахотном слое, свидетельствует о диспергации минеральной матрицы, которая сопровождается существенным обезиливанием не только пахотного, но и всего гумусового слоя, что подтверждается отрицательным балансом ила и свидетельствует о развивающейся деградации.

Во всех почвах наименьшая плотность твердой фазы отмечается в верхнем гумусовом горизонте. Вниз по профилю плотность твердой фазы заметно возрастает.

Плотность пахотного слоя увеличивается в черноземе типичном расположенном в нижней части склона, что связано с эрозией почв и отложением смытого, не агрегированного материала,

заполняющего меж- и внутриагрегатные поры. Закономерно возрастая от верхней к нижней части склона, она остается в пределах оптимальной величины для изучаемых почв.

Таблица. Физические и водно-физические свойства почв профиля.

Горизонт	Гумус, %	Содержание фракций, %		d, г/см ³	dv, г/см ³	P ₀ , %	С, Дж/г × °С	K _{огл}	Баланс ила*
		<0.001	<0.01						
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый (плакор)									
Апах	4.48	17.30	54.96	2.42	1.14	53	42.30	0.62	+36.97
А	3.62	23.70	56.72	2.51	1.19	52	42.27	0.53	+23.11
АВ	2.26	31.44	64.36	2.50	1.27	49	41.11	0.91	+26.86
В	1.18	34.02	67.86	2.64	1.39	47	40.20	1.07	-1.36
ВС	0.39	34.90	70.05	2.61	1.47	44	38.23	1.01	-3.97
С	–	36.60	72.18	2.65	1.56	41	37.87	1.00	–
Чернозем типичный малогумусный маломощный тяжелосуглинистый (средняя часть склона)									
Апах	5.25	21.60	58.06	2.46	1.17	52	42.51	0.37	+44.50
АВ	3.20	26.10	57.20	2.50	1.24	50	41.59	0.79	+32.94
В	1.40	33.46	65.96	2.58	1.36	47	41.82	0.89	+14.03
ВС	0.49	37.46	70.12	2.59	1.46	44	41.36	0.93	+3.75
С	–	38.92	68.00	2.64	1.54	42	38.26	1.00	–
Чернозем типичный малогумусный маломощный тяжелосуглинистый (нижняя часть склона)									
Апах	4.68	35.98	50.04	2.49	1.21	51	41.86	2.59	-95.33
АВ	3.10	35.62	52.54	2.54	1.28	50	41.31	2.44	-93.37
В	1.67	33.22	58.46	2.56	1.37	46	39.16	2.05	-80.35
ВС	0.81	22.22	70.12	2.56	1.49	42	38.10	1.14	-20.63
С	–	18.42	66.48	2.62	1.56	40	37.70	1.00	–

* – относительные проценты к почвообразующей породе

Пористость черноземов закономерно снижается в нижних горизонтах вследствие низкого содержания в них гумуса и худшей оструктуренности. Выявленное нами нисходящее перемещение ила способствует снижению пористости. Пористость пахотного слоя, согласно существующим градам, удовлетворительная.

Являясь показателем энергетического состояния почвенной массы, эффективная теплоемкость может характеризовать интенсивность межфазных взаимодействий. Следствием энерго- и массообмена на границе жидкость – твердая фаза может быть и гумусонакопление. Величина эффективной теплоемкости в пахотном слое черноземов типичного и выщелоченного одинакового порядка. В нижележащих горизонтах эти значения практически одинаковы и колеблются в пределах 37–38 Дж/г×С°.

Изучением морфогенетических и агрофизических свойств установлено, что в результате сельскохозяйственного использования в черноземах наблюдаются следующие явления: 1) преобразование гумусного профиля, диспергация минеральной матрицы, обезиливание; 2) формирование горизонтов антропогенной природы – уплотненного «плужной подошвы» в нижней части пахотного слоя, и текстурно-оглиненного – в подгумусовой части; 3) изменение структурной организации гумусного профиля; 4) появление пленочных образований – кутан на гранях структурных отдельностей в горизонтах АВ и В. 5) увеличение плотности и уменьшение пористости пахотных горизонтов.

УДК 641.42

ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Д. Соловиченко

ГНУ Белгородский НИИСХ Россельхозакадемии, Laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Об изменении почвенного покрова можно судить по результатам двух туров почвенных обследований и маршрутам рекогносцировочным обследованиям 2004–2007 годов, выполненных автором.

Сопоставление данных различных лет обследования показывает, что в настоящее время на территории Белгородской области продолжают увеличиваться площади эродированных почв, а в

пахотном слое снижается содержание гумуса повышается кислотность ухудшаются агрофизические свойства почв. В качестве исходной информации об эродированности почв были использованы почвенные карты по десяти–двенадцати хозяйствам, расположенные в трёх почвенных округах: Западном, Центральном и Юго-восточном. Площадь хозяйств по двум сопоставимым турам почвенного обследования по каждой природной сельскохозяйственной зоне составила 75–80 тыс. га. Площади эродированных земель за этот период (около 30 лет) увеличились в Западном почвенном округе на 5.1 %, Центральном – 8.4 и Юго-восточном – 9.8 % (Соловиченко, 2005).

Изменение содержания гумуса в пахотном слое изучалось по основным почвам области. За рассматриваемый период содержание гумуса в пахотном слое тёмно-серых лесных почв снизилось на 0.9 %, чернозёмов выщелоченных и типичных – 0.4–0.6 %, чернозёмов обыкновенных до 1.0 %. Процесс дегумификации пахотного слоя почв за последние годы усилился в связи с нарушением научно обоснованных систем севооборотов, снижением агротехнических требований при возделывании сельскохозяйственных культур, малым поступлением органики в почву (Уваров, 2010).

В фракционно-групповом составе гумуса чернозёмов преобладают гуминовые кислоты – 2.33–2.70 % в пахотном слое и 1.25–1.61 % в гумусовом горизонте, что примерно в 1.5–2.0 раза больше в сравнении с показателями величин фульвокислот. Содержание фульвокислот за 20 лет возросло на 0.12–0.45 %, что способствовало подкислению почвы, так как водные растворы фульвокислот имеют резко кислую реакцию почвенной среды. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот – 2.02–2.59 в 1883 году (данные Докучаева) и 1.51–2.01 в 2002 году свидетельствует о снижении интенсивности гуматного характера почвообразования.

В результате декарбонирования, применения физиологически кислых форм минеральных удобрений, выпадение кислотных дождей, усиление процессов выщелачивания минеральной и минерализации органической частей почвы происходит её подкисление. В сравнении с первым туром почвенного обследования (1976–1983 г.г.) площади кислых почв в Белгородской области в настоящее время возросли на 20.7 % (Лукин, 2008). Практически каждый третий гектар пашни области нуждается в проведении химической мелиорации, т.е. известкованию.

По мониторингу почвенного покрова Белгородской области проводятся наблюдения за изменением уровня плодородия почв на отдельных участках территории области. Периодически (через 5 лет) ведутся наблюдения мест маршрута почвенных исследований В. В. Докучаева. В 2007 году проведены почвенные исследования в заповеднике «Ямская степь» на целине и рядом расположенной пашне. За длительный период сельскохозяйственного использования произошли существенные изменения в физико-химических, агрохимических и агрофизических свойствах чернозёмов. В заповеднике «Ямская степь» в черноземе типичном на целинном участке по сравнению с пашней содержание гумуса понизилось на 3.5 %. Содержание гумуса в черноземах Белгородской области за более чем столетний период времени в сопоставлении с данными В. В. Докучаева понизилось в гумусовом горизонте (глубина до 60–70 см) на 0.77–2.21 % и составляет в настоящее время 3.09–4.30 %. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот – 2.02–2.59 в 1883 году и 1.51–2.01 в 2002 году свидетельствует о снижении интенсивности гуматного характера почвообразования.

Произошло подкисление чернозёмов в лесостепной зоне – pH уменьшается с 6.1–6.7 до 5.8–6.0, а величина гидролитической кислотности увеличилась с 2.0–2.8 до 3.0–3.3 мг-экв на 100 г почвы. Подкисление пахотного слоя связано с внесением минеральных удобрений в физиологически кислой форме и с глубиной залегания карбонатных солей в почвенном профиле. В степной зоне зачастую имеет место подщелачивание почвенного раствора, что связано на наш взгляд, с близким залеганием к поверхности карбонатных слей (35–45 см), которые в засушливое время вместе с водным раствором мигрируют вверх по профилю, подтягиваются в пахотный слой и нейтрализуют кислотность почвенного раствора.

Значения суммы поглощенных оснований в черноземах лесостепной зоны в связи с их подкислением снижено на 3–4 мг-экв. на 100 г почвы, а в степной зоне происходит окарбонирование почвенного профиля и рост суммы поглощенных оснований с 36.1 в 1960 году до 38.5 мг-экв на 100 г почвы в 2002 году.

При распашке чернозёмов заметно разрушается агрономически ценная комковато-зернистая структура пахотного слоя. Об этом свидетельствуют и данные анализов структурно-агрегатного состава почвы. Если при закладке сортоиспытательных участков в 1938 году содержание комковато-зернистой структуры под зерновыми культурами при равновесной плотности почвы составляло

70–75 %, глыбистой 15–20 %, пылевой 4.0–5.0 %, то в 2002 году содержание комковато-зернистой структуры снизилось до 60–65.5 %, возросло содержание пылевой структуры до 7 %, а глыбистой до – 30 %. Отсюда и коэффициент структурности понизился на 1.5–2.5 ед.

Плотность сложения пахотного слоя чернозёма заметно увеличилась. На пашне уплотнён даже и более глубокий слой почвы. Так, на глубине 50–90 см всё ещё заметно увеличение плотности. Плотность сложения целины варьировала в пределах 1.05–1.10 г/см³, а пахотного аналога чернозёма – заметно больше – 1.25–1.30.

Крупной проблемой рационального использования минеральных ресурсов – является более полное использование вскрышных пород Лебединского и Стойленского ГОКов, расположенных на территории Белгородской области в районе Курской Магнитной аномалии. Складированные в отвалах десятки и сотни млн. т породы представляют собой техногенные месторождения. Проблема утилизации глин, песков, мела, мергелей с отвалов требует срочного решения. Кроме того, продолжается складирование окисленных железных кварцитов, для которых пока не выработано экономичной технологии обогащения.

По данным НИИ КМА, вокруг промышленной площади Лебединского ГОКа на удалении 150 и 300 м ежегодно оседает пыли соответственно 607 и 469 кг/га. Средние многолетние выбросы пыли и вредных газов оцениваются примерно в 30 тыс. т/год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород, 2005. – 292 с.
2. Уваров Г.И. Соловиченко В.Д. Деградация и охрана почв Белгородской области. – Белгород, 2010. – 180 с.
3. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области. – Белгород, 2008. – 175 с.

УДК 631.10

ПРОЯВЛЕНИЯ СЛИТОГЕНЕЗА В ПОЧВАХ ЮГА КУБАНСКОЙ НАКЛОННОЙ РАВНИНЫ

А.С. Сорокин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, leshasorokin@gmail.com

При полевых исследованиях, проводимых с 2007 года на правобережье р. Кубань на территории Кореновского, Усть-Лабинского районов Краснодарского края были описаны черноземы с признаками слитизации и переуплотнения, распространенные отдельными участками, преимущественно по понижениям рельефа. В научной литературе отсутствуют какие-либо данные о распространении слитых почв на этой территории. Поэтому мы сочли необходимым провести более детальное исследование расположенных на правом берегу реки Кубань черноземов на предмет изучения их слитых свойств.

Практически во всех почвах наблюдалось присутствие трех подгоризонтов в составе гумусового горизонта: пахотного Ap, уплотненного Apd и собственно гумусового A. В образцах почв из этих горизонтов были проведены исследования набухания, в частности степени набухания по методу Васильева при помощи прибора ПНГ, определено содержание воднопептизируемого ила (далее ВПИ), проведены исследования гранулометрического состава при диспергации пирофосфатным и классическим методами для проверки гипотезы о полноте вытеснения прочно агрегированных илистых частиц (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1973). Рассчитаны параметры кинетики набухания (Грачев, 1982).

Проведенное исследование показало, что в исследуемых нами почвах имеется как минимум один крайне переуплотненный подгоризонт Apd, который обладает высокой плотностью и призмочно-глыбисто-ореховатой структурой, характеризуется отсутствием заметных пор, либо единичными тонкими порами, а так же блестит на срезе ножа. В тоже время, он отличается увеличением степени выраженности указанных признаков от автономного ландшафта к аккумулятивному. Помимо подгоризонтов Apd, мезоморфологические изменения претерпевают и подгоризонты Ap. Они, в отличие от подгоризонтов Apd, не привязаны к ландшафтным особенностям, так как ежегодно испытывают воздействие агротехники, но, в то же время, их морфологический облик в ряде

случаев отличается друг от друга. Структура варьирует от комковато-зернистой до глыбисто-ореховатой, плотность меняется от невысокой до очень плотной.

Объемная плотность исследуемых нами почв для подгоризонтов Ар варьирует от 1.2 до 1.4 г/см³, для подгоризонтов Ард – от 1.3 до 1.5 г/см³, а для подгоризонтов А – от 1.3 до 1.4 г/см³. По данным гранулометрического анализа почвы исследуемой территории обладают тяжелосуглинистым или слабосуглинистым составом. Содержание глины находится в пределах от 54 до 62 %. В составе фракций преобладает илистая (32–38 %), на втором месте – крупная пыль. Было замечено, что в почвах, подготовленных к анализу по классическому методу, наблюдается больший выход илистой фракции по сравнению с пирофосфатным методом. Расчет отношений содержания ила к глине (Ил / Глина) показал, что ил составляет от 60 до 70 % от глинистой части почвы. Содержание ВПИ в исследуемых почвах везде более 30 % от общего количества ила, а зачастую количество ВПИ составляет практически 100 %, что свидетельствует о бесструктурности почвы. Известно, что ВПИ имеет те же свойства, что и коллоиды, обогащенные натрием, он гидрофилен, подвижен, тиксотропен, сильно набухает, устойчив к коагуляции и придает почвам отрицательные гидрофизические и физико-механические свойства. В оструктуренных почвах его обычно менее 10 %, в бесструктурных почвах количество его может достигать 30 % и более. В слитых почвах и горизонтах содержание ВПИ обычно очень велико. При глубоком высыхании ВПИ способствует переходу структуры в конденсационно-кристаллизационную (цементационную), что придает почвам черты слитости.

Степень набухания по объему и высоте образцов колеблется от 18 до 25 %, Влажность набухания – от 46 до 57 %. В образцах наблюдается очень высокая кинетика набухания – за первые полчаса они набирают 80 % от конечной величины набухания.

УДК 631.46

МИКРОБНЫЙ КОМПОНЕНТ И ПРОДУЦИРОВАНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПОЧВАМИ

Е.В. Стольникова, Н.Д. Ананьева

Учреждение Российской академии наук Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Московская обл., stolnikat@rambler.ru

Эмиссия (продуцирование) парниковых газов почвой в атмосферу связана в основном с деятельностью почвенных микроорганизмов (Congrad, 1996).

Исследование было сфокусировано на изучение взаимосвязи между количественным содержанием микробного компонента почв разного землепользования и продуцированием ими парниковых газов (СО₂, N₂O).

Объектами исследования служили почвы (подзол, дерново-подзолистая, серая лесная, ржавозем), образцы которых были отобраны из верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта и по профилю. Наборы образцов представляли собой горизонтальный (сукцессионный ряд: пашня – залежь – лес, Костромская обл.), вертикальный (горизонты профиля разных лесов, Московская и Калужская обл.) и пространственный (Московская обл.) градиенты, всего 35 почвенных локализаций (табл.).

Методы. В почвенных образцах определяли углерод микробной биомассы (С_{мик}) методом субстрат-индуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978; Ананьева и др., 2009); микробное продуцирование СО₂ (базальное дыхание, БД) и нетто-продуцирование закиси азота (N₂O). Содержание С_{мик} определяли по скорости начального наибольшего дыхания микроорганизмов после обогащения почвы (1–3 г) глюкозой (1 % от веса почвы), БД – как для С_{мик}, только вместо раствора глюкозы вносили воду (0.1 мл г⁻¹). Образцы для определения С_{мик} и БД инкубировали (3–5 и 24 ч соответственно) при 22 °С, 60 % полной влагоемкости (ПВ); для N₂O – 1–3 г, 1 сут, 22 °С, 80 % ПВ, 2 мг глюкозы г⁻¹. Все измерения выполнены в 5 повторностях. Навески для измерения С_{мик}, БД и N₂O были отобраны из предынкубированной почвы (0.3 кг, 7 сут, 22 °С, 55 % ПВ). Определение СО₂ и N₂O проведено с использованием газового хроматографа (детекторы: катарометр и электронзахватный соответственно).

По мере развития *сукцессии* происходило увеличение С_{мик} (149–759 мкг С г⁻¹) и БД (0.40–2.34 мкг СО₂-С г⁻¹ ч⁻¹) (табл.). В почвах “зрелых” экосистем (вторичный и коренной леса) содержание С_{мик} было достоверно выше, чем в “юных”. Вниз по *профилю* почв ненарушенных старовозрастных

лесов показано существенное уменьшение $C_{\text{мик}}$ и БД в 17, 4, 4, 183, 49 и 9, 5, 5, 189, 20 раз для верхнего и нижнего горизонтов дубравы, ельника зеленчукового, осинника, ельника зеленомошного, елово-широколиственного соответственно. Содержание $C_{\text{мик}}$ в пахотных и лесных почвах (*пространственный градиент*) составило в среднем 229 и 881 мкг С г^{-1} , а БД – 0.52 и 1.34 $\text{мкг CO}_2\text{-С г}^{-1} \text{ч}^{-1}$, указывая, тем самым, на снижение этих параметров при агроиспользовании в 4 и 3 раза соответственно.

Между содержанием $C_{\text{мик}}$ и микробным продуцированием CO_2 почвы разных локусов ($n = 35$) найдена тесная положительная зависимость, регрессионное уравнение которой имеет вид: $\text{БД} = 0.002 C_{\text{мик}} - 0.017$, $R^2 = 0.74$. Корреляционная взаимосвязь между микробным продуцированием CO_2 и химическими свойствами почв (рН, $C_{\text{орг}}$) этих локусов не установлена.

Достоверно высокое продуцирование N_2O показано для почв “юных” экосистем (пашня, залежь, молодой лес), а достоверно низкое – для “зрелых” (вторичный, коренной леса). Между продуцированием N_2O дерново-подзолистой почвы разных экосистем и содержанием в ней $C_{\text{мик}}$ показана тесная отрицательная корреляция ($r = -0.75$, $n = 6$), указывая на разнонаправленность изменения этих почвенных показателей в сукцессионном ряду.

Нетто-продуцирование N_2O в почвах разных лесов (гумусовый горизонт) варьировало от 240 (осинник) до 4734 (ельник зеленчуковый) $\text{нг N}_2\text{O-N} \times 10^{-3} \text{ г}^{-1} \text{ почвы ч}^{-1}$ (табл.). Для верхних горизонтов профиля почв лесов отмечено достоверно высокое продуцирование N_2O по сравнению с соответствующими нижними. Достоверно высокие значения $C_{\text{мик}}$ были отмечены также в верхнем горизонте почв лесов. Корреляционная взаимосвязь между $C_{\text{мик}}$ и N_2O была тесной и положительной ($r = 0.70$, $n = 14$).

Регрессионная зависимость между нетто-продуцированием N_2O и содержанием $C_{\text{мик}}$ в почвах, иллюстрирующих горизонтальный и вертикальный градиенты, представлена на рис. Есть основание полагать, что почвы “юных” экосистем могут характеризоваться разбалансированностью процессов цикла азота, что приводит, в свою очередь, к повышенной эмиссии N_2O почвой при внесении органического субстрата.

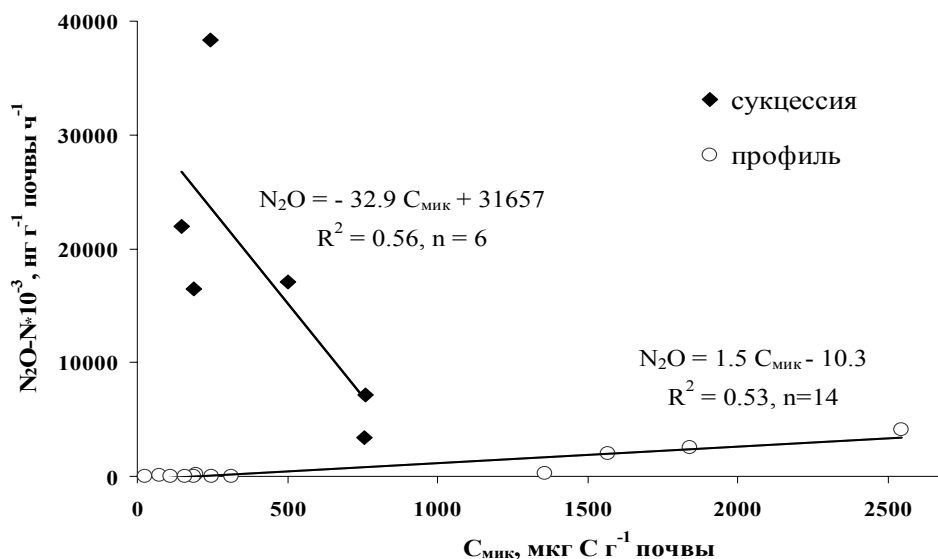


Рисунок. Зависимость между продуцированием закиси азота (N_2O) и содержанием углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) в дерново-подзолистой почве разных экосистем (*сукцессия*) и по *профилю* почв разных лесов.

Продуцирование N_2O в почвах пространственного градиента составило 300–31500 $\text{нг N}_2\text{O-N} \times 10^{-3} \text{ г}^{-1} \text{ч}^{-1}$, причем в пахотных почвах оно больше, 4500–31500, а в лесных – меньше, 300–18900 $\text{нг N}_2\text{O-N} \times 10^{-3} \text{ г}^{-1} \text{ч}^{-1}$. Средние величины продуцирования N_2O составили 6900 и 14250 $\text{нг N}_2\text{O-N} \times 10^{-3} \text{ г}^{-1} \text{ч}^{-1}$ ($n = 7$ и 4) для леса и пашни соответственно, подтверждая установленную обратную зависимость между N_2O и $C_{\text{мик}}$ для почвы сукцессионного ряда.

Итак, показана взаимосвязь между нетто-продуцированием N_2O почвами и содержанием в них $C_{\text{мик}}$ вдоль горизонтального, вертикального и пространственного градиентов. Изучение механизмов продуцирования парниковых газов (N_2O , CO_2) разными почвами и экосистемами, в том числе

и отягощенными нерациональным агроиспользованием, через функционирование почвенного микробного компонента (размер, структура, активность) позволит понять причины увеличения содержания этих газов в современной атмосфере, оценить риски и предложить мероприятия по их снижению.

Таблица. Содержание углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$), базальное дыхание (БД) и нетто-продуцирование закиси азота (N_2O) почвами вдоль горизонтального, вертикального и пространственного градиентов (разные буквы означают достоверно значимые различия величин по критерию Дункана, $p \leq 0.05$, ANOVA, для каждого показателя разных экосистем профиля лесов отдельно).

Экосистема (лет)*	Почва	Слой / горизонт, см	$C_{\text{мик}}$, мкг г^{-1}	БД, $\text{мкг CO}_2\text{-C г}^{-1} \text{ч}^{-1}$	$N_2O\text{-N} \times 10^{-3}$, $\text{нг г}^{-1} \text{ч}^{-1}$
Горизонтальный градиент (сукцессия)					
Пашня	Дерново-подзолистая	Апах (0–24)	149 ± 12 ab	0.40 ± 0.07 a	22002 ± 7111 b
ЮЗ (7)		АУ (0–13)	187 ± 22 bc	0.55 ± 0.09 b	16475 ± 8987 b
МЛ (20)		АУ (2–13)	245 ± 23 c	0.76 ± 0.03 c	38347 ± 2922 c
МЛ (45)		АУ (4–10)	502 ± 25 e	1.67 ± 0.16 e	17074 ± 9041 b
ВЛ (90)		АУ (4–12)	727 ± 132 f	2.52 ± 0.20 g	7167 ± 1973 a
КЛ (450)		АУ (6–14)	755 ± 34 f	2.34 ± 0.09 f	3442 ± 2161 a
Вертикальный градиент (профиль)					
Д (100)	Дерново-подзолистая	AU (0–10)	1841 ± 105 c	2.26 ± 0.19 b	2546 ± 2019 c
		EL (10–20)	187 ± 67 ab	0.22 ± 0.0 a	14 ± 4 b
		BT1 (40–50)	248 ± 61 b	0.33 ± 0.04 a	0.3 ± 0.4 a
		BT2 (80–90)	110 ± 22 a	0.24 ± 0.11 a	0.3 ± 0.2 a
ЕЗЕЛ (50)		АУ (0–10)	762 ± 55 c	1.59 ± 0.13 c	4734 ± 842 b
		EL (20–30)	110 ± 54 a	0.23 ± 0.07 a	21 ± 4 a
		BT1 (50–60)	258 ± 99 b	0.34 ± 0.03 ab	Н.о. **
		BT2 (90–100)	194 ± 18 b	0.37 ± 0.08 b	Н.о.
О (75)	Серая лесная	АУ (0–10)	1356 ± 6 c	2.01 ± 0.23 b	240 ± 94 b
		EL (40–50)	157 ± 17 a	0.37 ± 0.12 a	1.3 ± 1.2 a
		BT (70–80)	313 ± 49 b	0.41 ± 0.06 a	0.5 ± 0.3 a
ЕЗЛМ (≥100)	Подзол	О (1.5–5)	2545 ± 71 c	7.55 ± 0.53 b	4065 ± 1569 c
		Е (5–16)	195 ± 13 b	0.34 ± 0.05 a	218 ± 32 b
		BF (16–38)	27 ± 5 a	0.07 ± 0.03 a	1.1 ± 0.2 a
		BC (57–120)	14 ± 10 a	0.04 ± 0.01 a	Н.о.
ЕШИР (≥100)	Ржавозем	АУ (2–6)	1568 ± 156 b	2.24 ± 0.14 b	1990 ± 697 b
		BFM1 (11–39)	75 ± 24 c	0.13 ± 0.05 a	69 ± 14 a
		BFM2 (45–55)	32 ± 5 c	0.11 ± 0.01 a	Н.о.
Пространственный градиент					
Пашня 1	Серая лесная	А (0–10)	211 ± 10	0.35 ± 0.01	22500 ± 2000
Пашня 2	Дерново-подзолистая		202 ± 22	0.36 ± 0.03	31500 ± 7800
Пашня 3			318 ± 29	0.62 ± 0.02	16500 ± 8700
Пашня 4			185 ± 60	0.74 ± 0.40	4500 ± 1950
Б / Липа			Серая лесная	1366 ± 312	1.02 ± 0.06
Б / Дуб	1011 ± 192			1.10 ± 0.12	18900 ± 3900
Сосна	490 ± 80			0.82 ± 0.02	1200 ± 750
Ель 1	Дерново-подзолистая		576 ± 20	1.35 ± 0.09	300 ± 90
Ель / Б 1			1129 ± 61	1.34 ± 0.04	5100 ± 2000
Ель 2			818 ± 76	1.34 ± 0.02	2100 ± 840
Ель / Б 2			1809 ± 58	2.48 ± 0.15	3900 ± 1050

* ЮЗ – юная залежь; МЛ – молодой лес; ВЛ – вторичный лес; КЛ – коренной лес; Д – дубрава; ЕЗЕЛ – ельник зеленчуковый; О – осинник; ЕЗЛМ – ельник зеленомошный; ЕШИР – елово-широколиственный; Б, береза;

** Н.о., нет определения

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольников Е.В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистых почв постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1108–1116.
2. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil. Biol. Biochem. 1978. V. 10. N. 3. P. 215–221.
3. Conrad R. Soil Microorganisms as Controllers of Atmospheric Trace Gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O and NO) // Microbiological Reviews. 1996. V. 60. N. 4. P. 609–640.

УДК 631.41:502.55

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Р.Р. Сулейманов

Учреждение РАН Институт биологии УНЦ РАН, soils@mail.ru

В настоящее время на территории республики Башкортостан процесс засоления и осолонцевания может развиваться в различных генетических типах почв при попадании в них высокоминерализованных натрий содержащих поллютантов: сырой нефти, нефтепромысловых сточных вод, отходов содового производства (исследования проводились на серых лесных почвах и черноземах типичных и выщелоченных). Такие почвы, сохраняя свойства, характерные для своего генетического типа, приобретают черты солонцовых почв, что проявляется как в морфологических, так и в химических свойствах. В морфологическом плане изменения выражаются в образовании сильно уплотненных солонцовых горизонтов со столбчатой и призмовидной структурой, некотором осветлении гумусово-аккумулятивных горизонтов, во влажном состоянии эти почвы набухают, становятся вязкими, липкими, снижается водопроницаемость.

В отличие от естественных солонцов, в морфологическом строении которых самым характерным является наличие горизонта вымывания (иллювиального) или собственно солонцового горизонта В1, в техногенно спровоцированных солонцах такие черты могут присутствовать по всему профилю на глубину загрязнения.

Таблица. Сравнительная характеристика физико-химических свойств засоленных и осолонцованных почв естественного и техногенного происхождения.

Показатели	Естественные	Техногенные
Содержание солей, % (хлоридно-натриевый тип)	до 3 %	до 11–13 %
Содержание обменного натрия, % от ЕКО	до 50 %	до 85 %
Горизонт максимального накопления обменного Na	иллювиальный (В)	гумусово-аккумулятивный, иллювиальный
Горизонт максимального накопления водорастворимых солей	Иллювиальный (В)	по всему профилю
Кислотность (рН)	от нейтральной до сильнощелочной	от сильнокислых до сильнощелочных
Насыщенность основаниями, %	насыщенные 100 %	от 50–100 %
Поверхностные свойства, смачивание водой	гидрофильные	гидрофобные
По химизму засоления	содовые, смешанные: содово-сульфатные, содово-хлоридно-сульфатные	хлоридные

Проведенный анализ свойств засоленных и осолонцованных почв естественного и техногенного происхождения позволяет сопоставить их физико-химические свойства в таблице из которой видно, что при загрязнении черноземов и серых лесных почв натрий содержащими поллютантами нефтяной промышленности формируются нехарактерные для региона Предуралья техногенные почвы, приобретающие черты природных засоленных и осолонцованных почв, но отличающиеся более высокой степенью засоления преимущественно хлоридного типа и осолонцевания по всему профилю, гидрофобизацией и существенным снижением биопродуктивности.

Разработка приемов рекультивации, ускорение процессов самоочищения почв от нефтяных ингредиентов остается одной из актуальных задач. В разных регионах процессы биodeградации нефти, подходы к их ускорению различны и зависят от природных условий и состава нефти. Управление процессами биodeградации нефти должно быть направлено, прежде всего, на активизацию микробных сообществ, создание оптимальных условий их существования. Поэтому среди рекультивационных мероприятий использование таких биологических приемов, как биостимуляция, занимает приоритетное положение.

Целью данной работы являлась качественная и количественная оценка эффективности минеральных и органических добавок на респираторную активность, а также степень биodeградации выщелоченного чернозема, загрязненного н-тридеканом (ТД) – типичным представителем алифатических углеводородов ряда дизельного топлива. Исследования проводили на выщелоченном черноземе (ВЧ): тяжелосуглинистой почве, типичной для Татарского Закамья – региона интенсивной нефтедобычи и нефтепереработки. Почву искусственно загрязняли в концентрации 2 % ТД от веса абсолютно сухой почвы. В качестве почвенных добавок исследовали природный органический сорбент – низинный торф (5 вес.%) Владимирской области и азотное удобрение – аммиачную селитру в дозе 0.3; 0.6 и 0.9 г N/кг почвы. Отборы образцов для проведения анализов производили через 21 и 42 дня после увлажнения загрязненной почвы и ее смесей с торфом и азотным удобрением.

Интенсивность базального и субстрат-индуцированного дыхания почвы оценивали по скорости продуцирования CO₂ газохроматографическим методом. Остаточное содержание ТД в почве определяли методом газожидкостной хроматографии.

Внесение торфа в загрязненный ВЧ не оказывало стимулирующего эффекта на биodeградацию ТД. Дополнительное введение в ВЧ, наряду с торфом, азотного удобрения в почвы на 21-й день увеличивало скорости базального и субстрат-индуцированного дыхания в 7–10 раз относительно вариантов без загрязнения и в 1.5–1.8 раз относительно загрязненных вариантов с почвой и с почвой+торф. Это означало, что при 2 % загрязнении ВЧ возникал дефицит азота, необходимого для усвоения УВ микроорганизмами. Причем отчетливые различия между вариантами с добавлением азота 0.3; 0.6 и 0.9 N/кг почвы появились только к 42-му дню эксперимента, по возрастанию респираторной активности они расположились в следующей последовательности: ВЧ+торф+0.3 г N/кг < ВЧ+торф+0.6 г N/кг < ВЧ+торф+0.9 г N/кг. При этом наименьшая доза азота стимулировала деградацию ТД (снижение его остаточного содержания) в 1.4 раза, а доза 0.6 г N/кг вызывала еще больший рост степени разложения ТД (в 2.0 раза в сравнении с почвой без добавок). Повышение концентрации удобрения до 0.9 N/кг обнаруживало более низкий эффект по сравнению со средней дозой, свидетельствуя о том, что дальнейшее увеличение дозы азота не приводит к усилению биodeградации.

Таким образом, показано, что внесение торфа в отсутствие минеральных добавок не эффективно в качестве биостимулятора деградации углеводородов. Напротив, его совместное применение с аммиачной селитрой значительно стимулирует ее респираторную активность, восполняя потребности почвенного микробоценоза загрязненной почвы в азоте, и тем самым усиливает процесс биodeградации ТД. Выбранный интервал концентраций биогенного азота позволил выявить оптимальную дозу его внесения.

Работа выполнена при поддержке грантов Федерального агентства по образованию РФ в рамках ФЦП (ГК П1382) и РФФИ №09-04-01553

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ПЕДОГЕННОГО УГЛЕРОДА ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ АГРОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

О.С. Хохлова¹, Т.Н. Мякшина¹, Ю.Г. Чендев²¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, akhokhlov@mail.ru²Белгородский государственный университет, sciences@mail.ru

При рассмотрении изменения баланса углеродного пула в зависимости от типа и длительности агроиспользования в почвах России обычно учитывается только органический углерод, хотя имеется немалая группа почв, расположенных в семиаридных и аридных регионах, в которых значительные трансформации претерпевает и карбонатный пул. В своей недавней работе М.А. Глазовская (2009) предлагает объединять углерод гумуса и углерод почвенных карбонатов понятием «педогенный» углерод и приводит данные, согласно которым карбонатные аккумулятивные функции педосферы в субаридных и аридных регионах Евразии сопоставимы с таковыми для гумуса. Следовательно, для почв, содержащих запасы углерода в своем профиле не только в виде гумуса, но и карбонатов, невозможно понять баланс педогенного углерода без рассмотрения его карбонатных форм. Целью данной работы является исследование динамики запасов педогенного углерода в агрохронорядках при агрогенной эволюции почв лесостепной зоны на примере юга Среднерусской возвышенности (Белгородская и Воронежская обл.).

Объектами исследований явились агрохроноряды, в которых почвы в течение известного времени (100–150–220(240) лет) подвергаются распашке (Белгородская обл., 5 агрохронорядов) и различным по интенсивности воздействиям: монокультура, севооборот, черный пар в течение 50 лет (Воронежская опытная станция ВНИИ кукурузы). Рассмотрены варианты либо без внесения удобрений (Воронеж), либо слабо окультуренные, где дозы ежегодного внесения навоза никогда не превышали 4 т/га (Белгород). Фоновыми целинными аналогами всех этих почв являются (темно-) серые лесные почвы под широколиственными лесами. На основе изучения профильного распределения органического (Сорг) и карбонатного углерода (Скарб) и определения плотности почв рассчитаны их запасы отдельно и суммарного (педогенного) углерода в целом, в слоях 0–50, 50–100, 100–150, 150–200 см.

Наиболее общая выявленная закономерность: после распашки во всех рассмотренных объектах запасы педогенного углерода либо не уменьшаются по сравнению с фоновыми (лесными) почвами либо растут на 15–30 % (до 50 %), в основном, за счет Скарб.

В пяти объектах Белгородской области в агропочвах с длительностью распашки 100 и 150 лет по сравнению с лесными нераспаханными почвами выявлено убывание запасов Сорг на 5–10 %, тогда как после 220 (240) лет распашки отмечается рост запасов на 5–15 %, в основном, за счет их прироста во втором полуметре. В агрочерноземах опытной станции ВНИИ кукурузы (Воронеж), где длительность распашки составляет более 300 лет, запасы Сорг выше, чем в фоновой серой лесной почве, примерно на 30 %, в основном, за счет его прироста в слое 50–100 см. Необходимо отметить, что последний случай является исключением, и такой значительный прирост связан, по нашему мнению, с соблюдением всех правил агротехники в условиях опытной станции и отсутствием эрозии за счет исключительно выровненного геоморфологического положения полей. В целом, увеличение запасов Сорг в агропочвах с длительностью распашки более 200 лет происходит в результате «очерноземливания» исходно (темно-) серых лесных почв (Чендев, 2008).

Запасы Скарб сильно различаются в фоновых темно-серых лесных почвах изученных объектов и составляют от 0(2) (объект Мелехово, типичная лесостепь) до 250 т/га (объект Самарино, граница лесостепи и степи; оба объекта расположены в Белгородской обл.) в двухметровой толще почвенного профиля. В последнем случае эти запасы превышают таковые для Сорг на 150–200 т/га. Во всех рассматриваемых объектах при распашке запасы Скарб растут за счет подтягивания карбонатов из нижних горизонтов почвы или почвообразующей породы. В основном, карбонатами обогащается нижний метр агропочв, в отдельных случаях карбонаты выявляются и во втором полуметре от поверхности. Если в связи с длительностью распашки запасы Сорг растут незначительно, то запасы Скарб увеличиваются резко – на 25–35 % после 100(150) лет распашки. А если начальные запасы в лесной почве составляют величины, близкие к нулю (объект Мелехово), то в пахотных почвах происходит увеличение запасов в 35–40 раз, хотя при этом сохраняется порядок цифр, выраженных в т/га. Во всех изученных объектах увеличение запасов Скарб в пахотных поч-

вах со 100 (150)-летней историей распашки по сравнению с лесными укладывается в интервал от 50 до 100 т/га, снижаясь примерно на 10–15 % в агропочвах, распахиваемых 220(240)–300 лет.

Некоторую информацию для понимания механизмов обогащения педогенным углеродом пахотных почв, функционировавших до распашки под лесными экосистемами, дает рассмотрение вариантов длительного опыта ВНИИ кукурузы (Воронеж), где на полях площадью 1 га в исключительно выровненных и однородных геоморфологических условиях с 1960 г. проводят выращивание монокультуры (кукуруза) – одно поле, ведется десятипольный севооборот с обязательным (один раз в четыре года) чистым паром – три поля, а между полями оставлен участок в два прохода трактора, где поддерживается черный пар. Почвенные разрезы были заложены на расстоянии пяти метров друг от друга.

Самые большие запасы Сорг наблюдались в варианте с выращиванием монокультуры кукурузы за счет их значительного прироста в толще 50–100 см и чуть меньше – в 0–50 см по сравнению с почвой 10-польного севооборота. Как известно, корневая система кукурузы – одна из самых мощных среди выращиваемых с-х культур в средней полосе России, а отмирание корней – наиболее важный источник поступления органических остатков в профиль агропочв. Даже под «вечным» паром за 50 лет не произошло достоверного уменьшения запасов Сорг. по сравнению с лесным разрезом ввиду отсутствия эрозионных потерь и высокой устойчивости гумусного пула старопашотного аналога естественной серой лесной почвы, который в настоящее время идентифицируется как чернозем (Стулин, 2007). При этом в почве под паром наблюдалось максимальное обогащение профиля почвы Скарб, а видимые формы карбонатов зафиксированы в самых близких к поверхности почвенных горизонтах (на глубине 60–70 см против 100–120 см в варианте с кукурузой). По запасам Скарб в двухметровой толще образовались пары разрезов под лесом и кукурузой, с одной стороны, и паром и севооборотом, с другой (соответственно, 50 и 60 т/га против 240 и 200 т/га; последние цифры сопоставимы с запасами Сорг). Очевидно, для подтягивания карбонатов наиболее благоприятные условия складываются на поле без растительного покрова, когда возникает максимальный градиент температур между сильно прогретой летом поверхностью и глубокими слоями почвы, откуда карбонаты движутся кверху. Такие условия возможны ежегодно на участке под черным паром и один раз в четыре года – в севообороте. В общем, агрочерноземы станции, имеющие самую длительную историю распашки среди рассматриваемых в данной работе объектов, наиболее значительно отличаются по запасам педогенного углерода от фоновой темно-серой лесной почвы, как мы полагаем, из-за наиболее «далеко зашедшего» процесса очерноземливания.

Поэтому, резюмируя, можно утверждать, что недоучет карбонатного пула в агропочвах лесостепи (переход от леса к «агростепи») может вести к существенному занижению оценки запасов педогенного углерода в них.

ЛИТЕРАТУРА

Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «Лимброкком», 2009. 336 с.

Стулин А.Ф. Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном //Агрохимия. 2007. №1. С. 25–30.

Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: ГЕОС, 2008. 212 с.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-05-97513-р_центр_a).

УДК 631.878:631.452

СТЕПЕНЬ ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут, Т.Н. Азарёнок

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси, г. Минск, soil@tut.by; tanik63@mail.ru

Беларусь является тем регионом постсоветского пространства, где почвенный покров осушенных территорий интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве и, особенно, в качестве пахотных земель. Как известно, осушительная мелиорация представляет собой специфический комплекс техногенного воздействия на почвы, дающий начало новому этапу почвообразо-

вательного процесса, качественно отличающемся от исходного, и, следовательно, приводящий к формированию новых почвенных объектов [1, 2].

Первые изменения осушенных торфяно-болотных почв (агроторфяных, согласно новой классификации почв Беларуси [2]) стали проявляться уже спустя десятилетие после обширной гидротехнической мелиорации в республике в конце 60-х гг. прошлого столетия [3]. Однако только с начала 90-х гг. двадцатого века на территории республики появилась возможность пространственного учета этих изменений и применения термина «деградация органогенных почв», когда была разработана первая классификация антропогенно-преобразованных торфяных почв и установлены диагностические признаки для их идентификации в полевых условиях при крупномасштабном почвенном картографировании [4].

Согласно данным крупномасштабного почвенного картографирования за период между I (1958–1964 гг.) и III (1988–2000 гг.) турами площади агроторфяных почв в составе сельскохозяйственных земель республики уменьшились на 518.7 тыс. га, а в составе пахотных на 105.0 тыс. га. Особенно это характерно для территорий Брестской, Гомельской и Минской областей [5, 6].

Таблица 1. Динамика площадей агроторфяных почв и дегроторфоземов остаточного-оглеенных (по данным I и III туров обследования), тыс. га.

Области	Агроторфяные						Дегроторфоземы остаточного-оглеенные					
	сельскохозяйственные земли						сельскохозяйственные земли					
	всего			в т.ч. пахотные			всего			в т.ч. пахотные		
	I	III	±	I	III	±	I	III	±	I	III	±
Брестская	372.6	236.2	-136.4	92.7	78.0	-14.7	-	63.0	63.0	-	24.1	24.1
Витебская	170.5	69.5	-101.0	14.9	14.8	-0.1	-	10.1	10.1	-	5.9	5.9
Гомельская	310.7	180.2	-130.5	103.1	60.8	-42.3	-	57.5	57.5	-	20.5	20.5
Гродненская	110.5	86.4	-24.1	14.7	2.5	-12.2	-	0.2	0.2	-	-	-
Минская	322.4	230.5	-91.9	110.8	84.1	-26.7	-	51.3	51.3	-	20.6	20.6
Могилевская	110.0	75.2	-34.8	14.6	5.6	-9.0	-	8.1	8.1	-	1.3	1.3
Беларусь	1396.7	878.0	-518.7	350.8	245.8	-105.0	-	190.2	190.2	-	72.4	72.4

Длительное использование мелиорированных агроторфяных почв в сельскохозяйственном производстве и, особенно, для возделывания зерновых и пропашных культур, способствует их достаточно быстрой деградации: минерализации органического вещества, уменьшению мощности торфяного слоя, ухудшению свойств. В результате формируются новые (антропогенно-преобразованные) почвы, которые в современной классификации [2] выделяются на уровне самостоятельного типа – дегроторфоземы остаточного-оглеенные.

Такие почвы получили распространение во всех областях республики и в настоящее время в составе сельскохозяйственных земель занимают 190.2 тыс. га, а в составе пахотных – 72.4 тыс. га. Основные площади их сосредоточены также в Брестской, Гомельской и Минской областях [5].

Если органогенный слой агроторфяных почв состоит из пахотного (агроторфяного) и подпахотного (торфяного) горизонтов различной мощности, то дегроторфоземы остаточного-оглеенные обладают специфическим антропогенно-преобразованным агроторфяно-минеральным горизонтом, залегающим непосредственно на минеральной породе, с признаками остаточного оглеения, который имеет свою морфологическую особенность. При подстилании бывшей торфяной залежи связанной по гранулометрическому составу породой этот горизонт представляет собой довольно однородную массу, в которой органическая часть не отделяется от минеральной. Если же агроторфяно-минеральный горизонт подстилается песком, то в пахотном горизонте органическая и минеральная части практически не связаны и легко отделяются друг от друга. Мощность этого горизонта, в основном, колеблется от 20 до 40 см. Цвет изменяется от светло-серого до темно-серого и интенсивно темно-серого и определяется содержанием органического вещества. По остаточному содержанию органического вещества (ОВ) в агроторфяно-минеральном горизонте выделяются следующие виды дегроторфоземов остаточного-оглеенных:

- торфяно-минеральные (ОВ 50.0–20.1 %);
- минеральные остаточного-торфяные (ОВ 20.0–5.1 %);
- минеральные постторфяные (ОВ <5.0 %) [2, 4, 7].

Анализ полученных данных по изучению дегроторфоземов остаточного-оглеенных показывает, что по основным параметрам водно-физических свойств они приближаются к зональным (дерново-

подзолистым) минеральным почвам, формирующимся на песчаных почвообразующих породах. Полевая влажность и запасы продуктивной влаги уменьшаются по мере сработки органогенного слоя. По мере увеличения зольности, плотности сложения и плотности твердой фазы, общая скважность дегроторфоземов остаточно-оглеенных уменьшается, тогда, как скважность аэрации увеличивается. Изменение физико-химических и агрохимических свойств этих почв по мере сработки органогенного слоя идет в сторону ухудшения их основных характеристик (подкисление почвенного раствора, увеличение гидролитической кислотности, уменьшение суммы поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями и др.). Обеспеченность подвижным фосфором и калием определяется количеством вносимых удобрений [7].

То есть трансформация осушенных агроторфяных почв в антропогенно-преобразованные почвы проявляется через систему диагностических морфологических, водно-физических, физико-химических и агрохимических показателей, которые находят отражение в шкале оценочных баллов.

Так в новой шкале оценочных баллов плодородия почв, разработанной для очередного тура кадастровой оценки земель, агроторфяные почвы с мощностью торфяного слоя более 1.0 м (среднемошные и мощные) по 100-балльной шкале, принятой в Беларуси, оценены в среднем для всех культур в 65.8 балла. По мере уменьшения мощности торфяного слоя балл снижается: у агроторфяных маломощных (0.5–1.0 м) до 60.7, агроторфяно-глеевых (< 0.5 м) до 54.4 баллов. Необходимо отметить, что средние баллы установлены исходя из баллов почв под отдельные сельскохозяйственные культуры и структуры посевных площадей в республике за последние годы.

Балльная же оценка дегроторфоземов остаточно-оглеенных почв дифференцирована в зависимости от их вида (содержания ОВ в агроторфяно-минеральном горизонте), а также подстилки (суглинком или песком) для торфяно-минеральных и гранулометрического состава типодиагностического горизонта (суглинистые, супесчаные, песчаные) для минеральных остаточно-торфяных и минеральных постторфяных почв. Средняя оценка этих почв изменяется от 51.0 для торфяно-минеральных, подстилаемых суглинком, до 25.8 балла – для минеральных постторфяных песчаных (табл. 2).

Таблица 2. Шкала оценочных баллов агроторфяных почв и дегроторфоземов остаточно-оглеенных.

Почвы	Оценка (баллы)	Оценка от исходной почвы, %
Агроторфяные среднемошные и мощные (Т > 1.0 м)	65.8	100
маломощные (Т 0.5–1.0 м)	60.7	92.2
торфяно-глеевые (Т 0.3–0.5 м)	54.4	82.7
Дегроторфоземы остаточно-оглеенные <i>торфяно-минеральные</i> :		
из них: подстилаемые суглинком	51.0	77.5
подстилаемые песком	39.3	59.7
<i>минеральные остаточно-торфяные</i> : из них		
суглинистые	48.4	73.5
супесчаные	41.4	62.9
песчаные	34.8	52.9
<i>минеральные постторфяные</i> : из них		
суглинистые	31.8	48.3
супесчаные	28.6	43.5
песчаные	25.8	39.2

То есть в результате деграционных изменений почв от агроторфяных среднемошных и мощных до минеральных постторфяных, подстилаемых песками, балл бонитета снижается на 60.8 %.

Таким образом, шкала оценочных баллов почв в значительной мере отражает степень дегградации органогенных почв Беларуси при их осушении и длительном использовании в качестве пахотных земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смеян Н.И.* Диагностика и классификация осушенных почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков, Т.Н. Азарёнок // *Земля Беларуси*. 2006. №4. С. 19–22.
2. *Смеян Н.И.* Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон // *Институт почвоведения и агрохимии*. Мн., 2007. 220 с.
3. *Бамбалов Н.Н.* Вопросы трансформации органогенных почв / Н.Н. Бамбалов, С.Г. Скоропанов // *Весці Нацыянальнай акадэміі Навук БССР. Сер. агр. наук* 1976. №1. С.30–36.
4. *Методические указания* по диагностике и классификации почв, образовавшихся после сработки торфа (для целей крупномасштабного картографирования) / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон, А.Ф. Черныш. Мн., 1991. 8 с.
5. *Почвы сельскохозяйственных земель* Республики Беларусь: практ. пособие / Под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. Мн.: Оргстрой, 2001. 432 с.
6. *Почвы БССР*. Брестская, Витебская, Гродненская, Гомельская, Минская, Могилевская области: площади почв по разновидностям, механическому составу, степени заболоченности, кислотности, обеспеченности фосфором и калием / Под ред. С.Н. Иванова, Н.П. Булгакова, И.Н. Соловья // *Министерство сельского хозяйства БССР, БелНИИ почвоведения*. Минск, 1968. 456 с; 424 с; 498 с; 586 с; 472 с; 689 с.
7. *Смеян Н.И.* Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части РБ под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области). / Н.И. Смеян [и др.] // *Весці Нацыянальнай акадэміі Навук Беларусі*. 2000. №3. С. 54–57.

УДК 631.4

ПЛОЩАДИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ

Г.И. Черноусенко, Н.В. Калинина

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 119017, Москва, Пыжевский пер., chergi@mail.ru

Данные о площадях и распространении засоленных и солонцовых почв на территорию России очень разноречивы и не всегда понятно на основе каких материалов проводился их подсчет. В данной работе площади засоленных и солонцовых почв подсчитывались по электронной версии карты засоления почв М 1:2.5 млн. Бумажный вариант карты засоления создан в 2003 году на базе почвенной карты М 1:2.5 млн в отделе генезиса и мелиорации засоленных почв Почвенного института им.В.В.Докучаева (редакторы-составители карты А.Ф.Новикова и Е.И.Панкова, картограф С.П.Евгеньева).

В лаборатории почвенной информатики Почвенного института им.В.В.Докучаева в программе ArcInfo создан электронный модифицированный вариант карты засоления на европейскую часть России и на Уральский Федеральный округ (УФО). При оцифровке бумажного варианта карты проводилась ее корректировка по электронной почвенной карте М 1:2.5 млн, по цифровой модели рельефа и космическим снимкам.

На электронной карте засоления, так же как на бумажном варианте карты дается следующая информация: 1) о глубине верхней границы солевого горизонта; 2) по процентному участию почв, засоленных в верхнем метре; 3) по процентному участию в почвенном покрове средне- и сильнозасоленных почв в верхнем метре почвенного профиля и химизму их засоления; 4) по процентному участию в контуре солонцов и солонцеватых почв.

Практически вся территория современного УФО находится в Зауралье. Используя цифровую модель рельефа, выявлена связь между распространением засоленных почв и орографическими зонами. Большинство засоленных и солонцовых почв УФО занимают юго-западную часть Западно-Сибирской низменности, занимая высоты 120–200 м над уровнем моря, меньшую площадь они занимают в зоне Зауральского пенепплена.

Всего в пределах округа выделено 456 контуров с различным процентом участия засоленных почв на площади около 15.1 млн. га, хотя это не означает, что все 15.1 млн га засолены, т.к. засоленные почвы занимают разную долю контура от <1 % до 100 %.

Анализ засоления почв административных единиц УФО показал, что наибольшее распространения засоленные почвы имеют в Курганской области, далее по убыванию следуют: Тюменская, Челябинская, Свердловская области и Ямало-Ненецкий АО.

Среди засоленных в слое 0–5 м почв по имеющимся данным в УФО преобладают почвы, содержащие легкорастворимые соли в первом метре почвенного профиля. Они составляют 73.5 % всех засоленных почв. Из них около 62 % представлено солончаковыми почвами и 11.65 % солончаковыми. 26.5 % приходится на глубокозасоленные почвы (засоление в слое 1–2 м). Потенциальнозасоленные почвы в расчетах нами не учитывались из-за недостатка информации.

Так как засоленные почвы, обычно занимают в контуре не всю площадь, то для оценки площадей занимаемых собственно засоленными почвами необходимо знать долю их участия в контуре. Почвы, засоленные в первом метре, были разбиты на 6 классов в зависимости от процента их участия в контуре (<1, 1–10, 10–25, 25–50, 50–75, 75–100 %). Подсчет площадей проводился по наименьшему, среднему и максимально возможному процентному участию засоленных почв в контуре.

Так, в зависимости от способа расчета (минимум, среднее или максимум диапазона) общая площадь засоленных в первом метре почв УФО может колебаться от 3.84 до 6.05 млн га, составляя в среднем 4.95 млн га, что составляет 39 % от площади с/х угодий УФО.

Совместный учет площади почв УФО засоленных в первом и втором метрах составил в среднем 6.73 млн га (5.44 % от общей площади почвенного покрова равнин УФО), при этом по максимально возможным расчетам они могут занимать площадь по нашим оценкам 8.07 млн га (6.52 % территории равнин УФО).

На территории УФО России сильно и средnezасоленные в первом метре профиля почвы встречаются в 380 контурах на площади 12.01 млн га, т.е. в 97 % всех контуров, где встречаются засоленные в первом метре почвы.

Непосредственно сильно и средnezасоленные почвы, по нашим оценкам, занимают от 2.08 до 4.01 млн га (в среднем 3.04 млн га). Слабозасоленные почвы имеют более широкое распространение, встречаются в 390 контурах из 391 на территории 12.52 млн га, но занимают меньшую площадь в среднем – 2.16 млн га.

Солончаки в УФО крайне редки и встречаются в 15 контурах, занимая в среднем 0.086 млн га.

По химизму засоления УФО сильно различается как внутри округа, так и по областям. На территории УФО половина всех контуров или 45 % от всей площади занятых засоленными в первом метре почв занимают почвы с преобладанием нейтрального засоления: сульфатного и хлоридно-сульфатного, причем площадь распространения хлориднозасоленных почв почти в два раза превышает площадь сульфатнозасоленных почв. Другая половина всех контуров имеет содовое засоление или с участием соды на фоне нейтрального.

По отдельным областям УФО химизм засоления следующий.

Курганская область является доминирующей в округе по количеству засоленных и солонцовых почв. По химизму площадь нейтральнозасоленных почв здесь примерно равна площади содовозасоленных почв и с участием соды. Среди почв нейтрального засоления однозначно почти в семь раз доминируют почвы хлоридного химизма 0.95 млн га против 0.15 млн га почв преимущественно сульфатного химизма засоления. Содовозасоленные почвы занимают 0.69 млн га, с участием соды 0.52 млн га (данные приводятся по середине класса). Среди почв засоленных во втором метре профиля преобладают содовозасоленные почвы.

В Челябинской области иная картина – абсолютно доминируют почвы нейтрального засоления (0.44 млн га хлориднозасоленных и 0.54 млн га сульфатнозасоленных почв); содовозасоленных почв – всего 0.04 млн га или 3.4 %, с участием соды – 0.13 млн га или около 13 %.

В Тюменской области обратная картина – доминируют почвы содового засоления (0.51 млн га, 36 %) и с участием соды (0.71 млн га или 53 %), площадь нейтральнозасоленных почв всего 11 % от всех засоленных в первом метре почв Тюменской области, среди этих почв доминируют почвы сульфатного засоления 0.13 млн га против 0.03 млн га почв хлоридного химизма засоления.

В Свердловской области доминирует нейтральное засоление с участием соды (0.046 млн га, 53 %) и содовое засоление (0.036 млн га 41.5 %), остальные почвы имеют преимущественно сульфатное засоление (5.5 %). Хлориднозасоленных почв в Свердловской области практически нет.

В Ямало-Ненецком АО химизм засоления преимущественно нейтральный – сульфатно-хлоридный.

Впервые для УФО подсчитаны площади солонцов (ранее учитывались только площади солонцовых комплексов сельскохозяйственных угодий с разной долей участия солонцов). Солонцы на территории Уральского Федерального округа России встречаются в черноземной зоне в 284

контурах площадь которых составляет 10.66 млн га. При этом собственно солонцы с учетом их процентного участия в контуре, по нашим оценкам, занимают от 2.19 до 3.88 млн га (в среднем около 3.03 млн. га., или 2.4 % от площади равнин УФО).

Наибольшую площадь занимают автоморфные солонцы – 1.38 млн га (45 % от площади всех солонцов УФО), меньше полугидроморфных – 40.8 % или 1.24 млн га, меньше всего гидроморфных солонцов – 0.42 млн га или 13.8 %, которые встречаются и доминируют в северных районах черноземной зоны УФО. По отдельным субъектам УФО преобладают разные по гидроморфизму солонцы – в Челябинской области однозначно доминируют автоморфные, в Тюменской и Свердловской – гидроморфные, в Курганской – площадь полугидроморфных несколько превышает площадь автоморфных солонцов (рисунок).

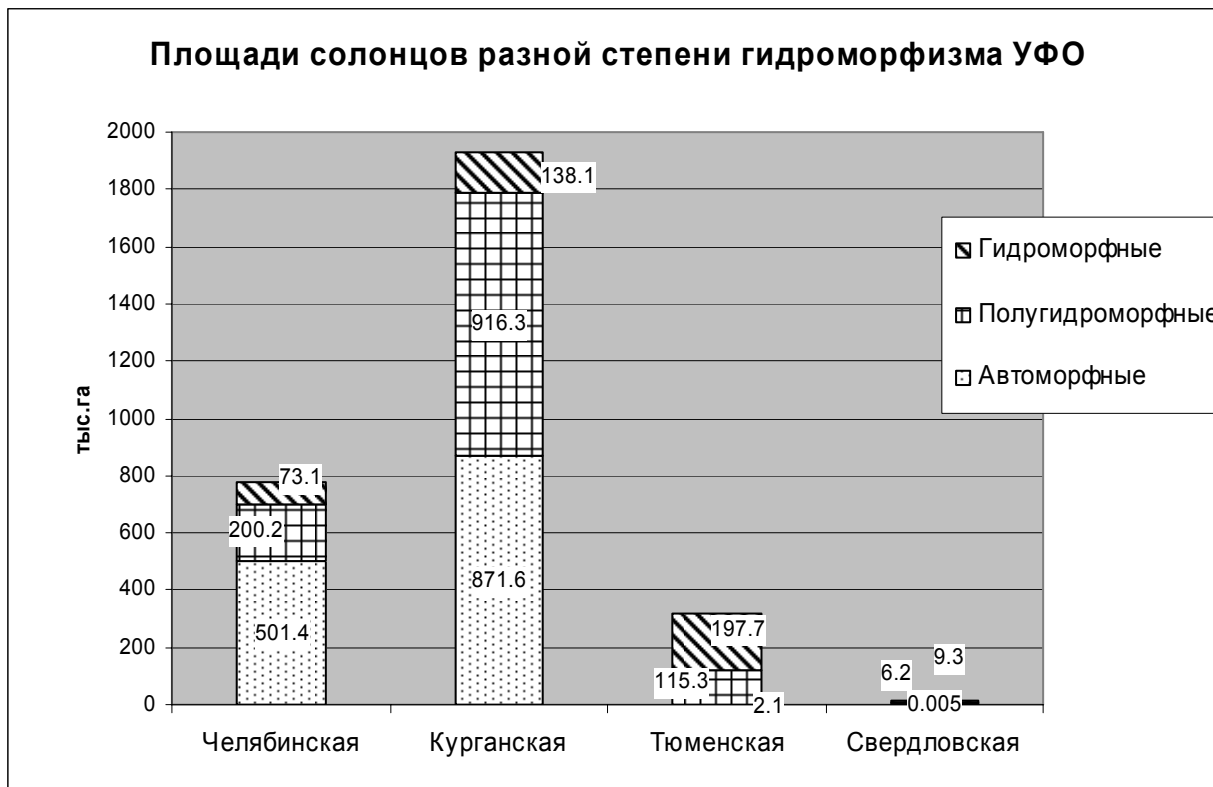


Рисунок. Распределение площадей различных типов солонцов в лесостепной и степной (черноземной) зоне УФО в тыс га.

Наряду с солонцами на карте выделены солонцеватые почвы. В основном солонцеватые почвы и солонцы образуют комплексы. По сравнению с солонцами солонцеватые почвы распространены на территории Уральского Федерального округа России более широко. Они выделены в 338 контурах, охватывающих площадь в 12.31 млн га, причем в 55 контурах на площади 1.67 млн га встречаются только солонцеватые почвы. В большинстве контуров (184 или 55 %) солонцеватые почвы занимают <10 % контура, при этом часто засоление имеет место во втором метре профиля. Непосредственно солонцеватые почвы в УФО, по нашим оценкам, занимают от 3.05 до 5.03 млн га. (в среднем около 4.05 млн. га или 3.3 % от площади равнин УФО).

Площадь собственно солонцеватых почв в контурах, где отсутствуют солонцы небольшая, и составляет в среднем 0.5 млн. га.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРУДНОМЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ**

Г. Юлдашев, М. Исагалиев, А. Турдалиев, Г. Бозорова, Д. Дармонов
Ферганский государственный университет, Узбекистан, murodjon1980@mail.ru

В пустынной относительно равнинной части Ферганской долине расположена Центральная Фергана, где в условиях аридного климата при близком залегании минерализованных грунтовых вод сазового режима образованы и трансформируются гидроморфные засоленные, солончаковые почвы в которых на различных от поверхности глубинах имеют распространение арзык-шоховые доломитизированные, карбонатно-гипсовые горизонты. Почвы с такими горизонтами имеют резко отрицательные водно-физические и химические свойства. Геохимические свойства этих почв недостаточно изучены.

В целях изучения вопросов миграции и аккумуляции химических элементов и их участия в формировании геохимических барьеров типа карбонатно-гипсового или арзык-шохового в почвах нами были выбраны элементарные геохимические ландшафты в нескольких ключевых участках Язьяванского, Улугнарского, Мингбулакского и других районов Центральной Ферганы.

Почвы ново и староорошаемые луговые сазовые, средне и сильнозасоленные, слабо и средне гипсированные, где содержание воднорастворимых солей и гипса достигают соответственно 1.1–2.3 %, 3.2–18.3 %. Нами при морфологических описаниях, согласно классификации [2], обнаружены поверхностно-арзыково-солончаковые <30 см, мелко-арзыково-солончаковые 30–60 см, глубоко-арзык-солончаковые 60–100 см и др. разновидности почв.

Остановимся на некоторых геохимических особенностях почв разрезов 1 т, 2 т, 3 т, 4 т, где арзык-шоховые горизонты расположены на глубине 54–86 см, при общей средней глубине разреза 186 см, глубина средне минерализованных грунтовых вод в среднем составляет 180 см. Общая минерализация 5.8 г/л, по качеству хлорид-сульфатная.

Таблица 1. Химическая и геохимическая характеристика орошаемых арзык-шоховых луговых сазовых почв (n=4).

Глубина, см.	Гумус, %	Валовые, %			Содержание, %		Кларк концентрации			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гипс	Карбонатов (CO ₂)	Fe	Sr	Na	Ba
0–30	1.35	0.121	0.125	2.10	4.01	7.20	0.51	5.46	0.31	9.84
30–43	0.91	0.101	0.115	2.45	3.25	6.90	0.44	6.43	0.37	8.38
43–54	0.54	0.064	0.100	2.33	10.30	7.90	0.56	7.03	0.40	17.23
54–86	–	–	–	1.85	18.30	12.10	0.92	11.70	0.95	43.55
86–120	–	–	–	1.80	13.1	8.20	0.58	7.0	0.48	17.38
120–186	–	–	–	1.6	7.10	6.10	0.55	6.26	0.36	14.15
Кларк по Виноградову	–	–	–	–	–	–	4.65	0.30	2.50	0.065

Железо один из важнейших каркасных элементов в почве. Что касается педогеохимии железа, типы концентрации и рассеяния его на геохимических барьерах зоны гипергенеза, т.е. в почвах и почвообразующих породах орошаемой зоны, практически не изучены.

Известно, что процессы почвообразования оказывают влияние на судьбу железа, которая, в свою очередь, влияет на формирование горизонтов почв.

На распределение и аккумуляции Fe, Sr, Na, Ba значительное влияние оказывает содержание гумуса, гипса, карбонатов, как в поверхностных, так и в нижележащих горизонтах почв.

Содержание гумуса и валовых форм питательных элементов не высокое и характеризует почвы пустынь. Что касается гипса и карбонатов, то их распределение по глубине почв отличаются довольно резко. Например, на глубине 54–86 см всех изученных разрезов (4) содержание гипса в пределах 18.3 %, а карбонатов 12.1 %, в других горизонтах наблюдается резкое снижение этих показателей (табл. 1), что связано с растворимостью этих солей и свойствами геохимических барьеров типа карбонат-гипсового, который играет роль барьера по отношению к выше- и нижележащей почвенной толще.

Это положение четко выделяется по отношению Fe, Sr, Na, Ba в карбонатно-гипсовых барьерах, где Кларк концентрации этих элементов достигает наивысших показателей:

$$\frac{\text{Ba}}{43,5} > \frac{\text{Sr}}{11,7} > \frac{\text{Na}}{0,95} > \frac{\text{Fe}}{0,92}.$$

Кларк концентрации этих элементов во всех горизонтах почв меньше, чем в горизонте 54–86 см. До этой глубины Кларк концентрации железа, стронция, натрия, бария почти равномерно увеличивается до карбонатно-гипсового геохимического барьера, после барьера относительно плавно снижается.

Такое положение связано с регулярными поливами почвенной толщи, довольно высокими положениями уровня минерализованных грунтовых вод и растворимостью химических соединений Fe, Sr, Na, Ba.

На основании литературных данных [3], на засоленных почвах нами выделена, сверху вниз, следующая окислительно-восстановительная зональность:

окислительный верхний горизонт, где много воднорастворимых солей;

резко восстановительный горизонт, где аккумулируются Fe, Sr, Na, Ba;

слабо восстановительный глеевый горизонт, на поверхности минерализованных грунтовых вод.

В таких условиях в испарительных барьерах в основном концентрируются воднорастворимые соли, относительно мало металлов-макроэлементов и железа, а непосредственно в арзык-шоховых горизонтах металлов-макроэлементов больше, чем в испарительных солевых барьерах.

Эти арзык-шоховые горизонты служат как двусторонние барьеры для различных химических соединений Fe, Sr, Na, Ba. Следовательно, образование и накопление в этих почвенных горизонтах аридного климата в условиях орошения должно привлекать внимание специалистов, так как они отрицательно влияют на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур хлопкового комплекса, образуя и цементируя указанные горизонты.

Это положение, то есть образование и аккумуляция солей и окислов Fe, Sr, Na, Ba в таких условиях, как Центральная Фергана, с арзык-шоховыми горизонтами в почвах может происходить как на поверхности, так и снизу этого горизонта.

Следует отметить, что в нейтральных, слабощелочных водах и почвах согласно [3] многие металлы малоподвижны, в то время как аниогенные элементы мигрируют относительно сильно.

Глеевые барьеры в этих почвах формируются в зависимости от глубины расположения водонепроницаемых горизонтов на участках смены окислительной обстановки глеевой среды.

Исследования показывают, что в почвах Центральной Ферганы в Язванском, Улугнарском, Мингбулакском районах довольно широко распространены арзык-шоховые практически водонепроницаемые горизонты на различных глубинах с разными мощностями.

Их можно классифицировать, как поверхностные с глубиной 0–50 см, средние 50–100 см, глубокие ниже 100 см, которые имеют мощность 30–50 см.

Наблюдениями установлено, что почти во всех случаях на поверхности этого горизонта, в частности, когда горизонт расположен на глубине 54–86 см, как на поверхности, так и снизу этого горизонта, образуется аномалии разных химических элементов, такие как Fe, Sr, Na, Ba и др.

Ожелезнение, аккумуляция стронция и других элементов, металлов нередко происходит в пределах водоносных типа арзык-шоховых водонепроницаемых горизонтов, а также глеевых грунтовых и кислородных вод.

Кислородные поливные воды во время поливов и промывок при отсутствии или нарушении структуры арзык-шоховых горизонтов достигают уровня грунтовых вод, тем самым создается условия для ожелезнения.

Интересная картина наблюдается в отношении бария, Кларк концентрации которого в карбонатно-гипсовых барьерах доходит до 43.5; такие своеобразные почвы образуются не везде, а их называют бариевыми.

Бариевые ландшафты с Кларками концентрации выше 10 описаны, по данным А.И.Перельмана, в Миссури, Вирджинии, Теннесси и других штатах США.

Это положение нас обязывает выделить особую группу бариевой педогеохимической провинции закрытого типа с повышенным содержанием бария.

Довольно высокие Кларки концентрации бария обнаружены в зоне контакта глеевых горизонтов почв и грунтовых вод, где Кларк концентрации бария доходит до 14–17, что связано с сульфатными грунтовыми водами и образованием сульфата бария.

В целом в работе описаны основные тенденции формирования бариевого геохимического барьера и аккумуляции железа, стронция в карбонатно-гипсовых геохимических барьерах орошаемых засоленных луговых сазовых почв с арзык-шоховыми горизонтами, показаны роль геохимических барьеров в аккумуляции железа, стронция, натрия, бария.

В заключении можно отметить, что наши знания по элементному составу изученных почв в настоящее время пока еще недостаточны для построения научно-обоснованных гипотез.

Сейчас очень важны правильная постановка проблемы и получение базы аналитических данных для орошаемых почв пустынь.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исагалиев М.Т.* Геохимические особенности орошаемых почв Сохского конуса выноса. Дисс. на соискание канд. биол. наук. Т., 2010.
2. *Исаков В.Ю.* Свойства арзыкских почв Центральной Ферганы. Т., 1991.
3. *Перельман А.И., Борисенко Е.Н., и др.* Геохимия ландшафтов рудных провинций. М., 1982.

УДК 631.4

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В В АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОМ ЛАНДШАФТЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Л.В. Яковлева, А.В. Федотова

Астраханский государственный университет, yakovleva_lyudmi@mail.ru

За последние полвека в почвенном покрове дельты Волги произошли изменения, связанные с возросшим антропогенным давлением и резкой сменой гидрологического режима территории, приведшие к разрушению естественного механизма функционирования и значительным сдвигам в балансе компонентов сложной экосистемы самой крупной в Европе дельты. Параллельно возросшая антропогенная нагрузка, обуславливает актуальность и необходимость детального изучения процессов трансформации почвенного и растительного покрова пойменных и дельтовых биоценозов и установления комплекса причин и факторов деградации, определяющих биоразнообразие, приуроченность и направление развития биоценоза.

В 70-х годах прошлого века большинство территорий подверглись обваловке для перекрытия доступа паводковых вод к планируемым сельскохозяйственным угодьям. В результате чего водный режим почв был нарушен. Почвы перестали подвергаться естественным промывкам от солей паводковыми водами. Значительная часть орошаемых земель была заброшена, и территории оказались отрезанными от влияния паводковых вод и источниками поступления влаги в почву остались немногочисленные осадки и минерализованные грунтовые воды.

Цель работы – количественная и качественная оценка происходящих изменений в почвенном покрове дельты Волги, вызванных возросшей антропогенной нагрузкой.

В качестве объекта исследования выбран антропогенно измененный дельтовый ландшафт в Икрянинском районе Астраханской области, расположенный на юго-западе Астраханской области, в пределах западной периферии Волжской дельты и восточной окраины подстепных ильменей. По генетическому типу придельтовая территория относится к современной аллювиальной равнине. Подтип рельефа определен как ильменно-грядовая морская аккумулятивная равнина с ильменно-грядовыми формами рельефа в зоне воздействия волжских вод, осложненная полигенетическими образованиями – бэровскими буграми, ильменями и солоноватыми озерами.

Изучение солевого состояния почв проведено общепринятыми методами: по величине плотного остатка и анализу водной вытяжки и методами электрофизического исследования почвенного покрова.

В результате проведенных исследований было установлено влияние концентрации солей на электрофизические свойства почвы в околобугровом антропогенно измененном ландшафте дельты Волги.

Исходным материалом являлся массив данных по величинам электрического сопротивления, полученного методом ГЭП (горизонтального электрического профилирования), в почвенных пастах и массив величин плотного остатка.

Анализ полученных данных по электропроводности паст, величине плотного остатка и по содержанию ионов водной вытяжки в 2010 г и сопоставление этих данных с результатами анализа 2009 г. показал, что наиболее сопоставимые значения этих показателей наблюдается в центральной части исследуемого ландшафта и вблизи бэровского бугра, что связано с наличием неглубоких дренажных каналов на данной территории и создания ими барьера для передвижения малоподвижных и мало растворимых ионов в ландшафте.

Поступление поливных вод в дренажный канал и высокие температуры в летний период 2010 г повлияли на перераспределение исследуемых показателей в почвах данного ландшафта.

УДК 631.8

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ГЕНЕЗИС СОЛЕВЫХ И ГИПСОВЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В АРИДНЫХ ПОЧВАХ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

И.А. Ямнова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, irinayamnova@mail.ru

Новообразования легкорастворимых солей, гипса и карбонатов определяют солевое состояние засоленных почв. Традиционно оценка засоленности почв производится химическими методами на основе анализов водной вытяжки, вытяжек из паст и почвенных растворов, в которых определяются ионы солей. Эти методы позволяют судить о солях, находящихся в твердой фазе, лишь условно, так как при этом теряется информация о минералогическом составе и морфологии минералов солей, находящихся в твердой фазе почвы. Отражая реальный состав и форму накопления солей в почве, микроморфологические и минералогические показатели являются важными диагностическими признаками засоления почв. Во-первых, одни и те же ионы могут входить в состав разных минералов, которые будут обладать различными растворимостью, токсичностью и другими свойствами. Во-вторых, форма кристаллизации солей и их связь с почвенной массой является показателем генезиса солей, определяет водно-физические, а, следовательно, и мелиоративные свойства почв.

Было изучено морфологическое разнообразие аккумуляций легкорастворимых солей и гипса в почвах разного генезиса, степени и химизма засоления (пустыни Заалтайская Гоби и Голодная степь; Прикаспийская низменность; Араратская равнина; криоаридные степи Предбайкалья). При исследовании засоленных почв с помощью минералогических и микроморфологических методов была применена система методов диагностики засоления почв, представляющая собой сопряженное поэтапное микроморфологическое и минералогическое (с учетом химического) исследование на макро-, мезо-, микро- и субмикроразнообразиях. Эта система включает химические (анализ водной вытяжки, содержание гипса и карбонатов), микроморфологические (оптическая поляризационная, а также растровая электронная микроскопия, сопряженная с рентгеновским микроанализатором) и минералогические методы (исследование в иммерсии, рентгендифрактометрия и термический анализ).

Были разработаны микроморфологические и минералогические показатели диагностики засоления почв разных типов химизма и установлены связи этих показателей с генезисом и химизмом солей. Итак, наиболее информативными показателями являются:

1. минералогический состав солей (реальный состав минералов солей в почвах);
2. характер связи определенных минералов солей с глинистой и карбонатной плазмой, а также особенности локализации солей среди структурных элементов почвенной массы;
3. связь особенностей морфологии солей как с типом засоления, так и с условиями их кристаллизации.

Установлено влияние разных типов солей на строение почвенной массы и закономерности в строении почвенно-солевой массы:

– при сульфатном засолении тенардит, кристаллизуясь в мелких порах, способствует агрегированности и оказывает разрыхляющее действие на почву;

- при хлоридном засолении галит, кристаллизуясь в крупных межагрегатных порах, оказывает цементирующее действие на почву;
- группа содовых минералов способствует большому увеличению объема почвенной массы в солевом горизонте.

Общими для всех типов химизма засоленных почв являются следующие закономерности строения почвенно-солевой массы:

– агрегированность почвенной массы и характер пористости зависят от количества легкорастворимых солей: хорошо агрегированные засоленные горизонты отличаются более крупными агрегатами и высокой пористостью, менее агрегированным незасоленным горизонтам свойственны более плотная упаковка мелких агрегатов и уменьшение пористости;

– особенности кристаллизации солей заключаются в образовании как чисто солевых агрегатов и даже монокристаллических образований (горизонтов), так и агрегатов плазменно-солевых.

Специфичными для каждого типа засоления являются следующие закономерности строения почвенно-солевой массы:

– связь солей с плазмой (более тесная при сульфатном засолении, что выражается в наличии пленок на поверхности агрегатов солей);

– минералогический состав солей.

Установленные микроморфологические и минералогические показатели позволяют уточнить вопросы генезиса (охарактеризовать основные профилеобразующие процессы, связанные с накоплением, перераспределением и трансформацией солей в профиле), а также объяснить некоторые мелиоративные свойства засоленных почв. Генетические задачи заключаются в следующем: 1) в диагностике реального состава солей, позволяющей точнее определить их физико-химические свойства; 2) в анализе форм солевых новообразований и их приуроченности к элементам микростроения, во многом определяющие водно-физические свойства почв; 3) в диагностике процессов роста и/или разрушения кристаллов, позволяющей установить динамику процессов в почвах в связи с их эволюцией в естественных и антропогенных условиях.

1. Диагностика реального состава солей. Представить картину солевого состава почв по водным вытяжкам можно лишь ориентировочно. Получить представление о минералогическом составе солей, содержащихся в твердой фазе почв, и их свойствах, можно только используя микроморфологические и минералогические методы исследования.

Проведенные исследования показали, что в почве соли в твердой фазе присутствуют не только при высокой степени засоления (более 1 %), но и при низкой (около 0.3...0.4 %). В то же время известно, что соли, обладая одинаковым или близким химическим составом, представляют собой разные минералы и соответственно отличаются растворимостью и, следовательно, мобильностью, что очень важно знать при моделировании процессов солепереноса. Так, например, минералы кальцит, арагонит и фатерит, имея одну и ту же химическую формулу (CaCO_3), характеризуются разными физико-химическими свойствами. Сказанное относится и к минералам сульфатной группы – тенардиту (Na_2SO_4) и мирабилиту ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), эпсомиту ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) и кизериту ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), которые отличаются лишь числом молекул кристаллизационной воды.

Таким образом, соли, имея идентичный ионный состав, могут иметь различную минералогическую природу и, следовательно, характеризоваться разными свойствами.

По данным химических анализов невозможно установить наличие широко распространенных в природе двойных солей. Так, растворимость минерала глауберита ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$) отличается от растворимости и сульфата натрия, и гипса. Если в почвах содержится глауберит, процесс растворения и удаления солей при промывках будет идти медленнее, чем при обычном сульфатно-натриевом засолении.

Знание реального состава солей позволяет точнее определять их физико-химические свойства, и, следовательно, давать более точные мелиоративные рекомендации по освоению засоленных почв. Только привлечение всего комплекса микроморфологических методов исследования в сочетании с химическими методами позволит достоверно диагностировать засоление почв.

2. Формы солевых новообразований и их приуроченность к элементам микростроения. Приуроченность солей к определенному компоненту микростроения (сквозные или тупиковые поры, межагрегатные или внутриагрегатные), прочность связывания с плазмой, форма накопления в почвах – все это необходимо учитывать при освоении засоленных почв, так как формы солевых ак-

кумуляций и характер их взаимодействия с почвенной массой во многом определяют водно-физические свойства почв, и, следовательно, их мелиоративные показатели.

При изучении различных форм гипсовых новообразований в почвах были выделены две генерации гипса: гидрогенный гипс, накапливающийся в порах при упаривании вод, содержащих гипс, и обменный, обусловленный процессами обменных реакций.

На примере почв Джизакского стационара (Голодная степь, Узбекистан) была проведена типизация форм гипсовых новообразований в аридных почвах. Выделено три морфотипа гидрогенно-гипсовых горизонтов: 1) инкрустационный, с подтипами: мелкокристаллическим, среднекристаллическим и крупнокристаллическим; 2) конкреционный; 3) мучнистый с сухарчатым и мергелистым подтипами. Также установлена четкая связь морфотипов гипсовых горизонтов с характером и степенью гидроморфности почв и их положением в ландшафте, а также характером водного режима почв. Кроме того, уточнена специфика гипсовых новообразований, в частности, разная степень замещения гипсовых кристаллов карбонатами.

3. Современные методы диагностики динамики почвенных процессов. С помощью микрокристалломорфологического анализа (степень окристаллизованности, форма и размер кристаллов, форма граней и ребер и другие показатели) возможно установить, в состоянии роста или разрушения находится кристалл. Например, накопление легкорастворимых солей в крупных сквозных порах и четкая (идеальная) форма кристаллов свидетельствует об активном современном соленакоплении. В то время как разрушенные (корродированные) поверхности кристаллов могут стать доказательством их вымывания и разрушения. Подобные явления были зафиксированы при изучении вторичных солончаков на залежах в дельте р. Волги.

Анализ диагностики минералов солей показал, что особенности их минералогического состава определяются различиями в химизме засоления, а различия в условиях кристаллизации (влажность, температура, концентрация раствора) обуславливают многообразие форм их выделений.

Так, диагностированы минералы, характерные для каждого типа засоления: для почв сульфатного засоления – это тенардит, мирабилит, гипс, кальцит, доломит, кизерит, бура; для хлоридного – галит и гипс; для содово-сульфатно-хлоридного – сода, нахколит, галит, тенардит, кальцит. То есть тип засоления обуславливает набор определенных минералов.

Многообразие же форм новообразований солей зависит от условий кристаллизации – изменения влажности, температуры и концентрации. Так, для галита характерно многообразие форм выделений: кристаллы с неясно выраженными очертаниями; приурочены как правило к верхним горизонтам профиля почв, где происходит интенсивное передвижение растворов и, соответственно, кристаллизация солей. Для горизонтов, не затронутых современными процессами (в литогенных солончаках пустыни Заалтайская Гоби, Монголия), характерно наличие новообразований галита, состоящими из кристаллов специфической формы – кубических и фибровидных. Образование этих форм происходило в стабильных условиях.

Таким образом, минералогический состав и форма кристаллов новообразований солей являются весьма информативными для диагностики процессов, формирующих профиль почв, что позволяет существенно дополнить как диагностику засоления, так и понятие «тип засоления».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00394).

Секция 4
Информационные технологии в
почвоведении и охране
окружающей среды

ASSESSING OF ERODIBILITY IN PASTURE TOPSOILS USING GEOSTATISTICS

Tayfun Askin¹, Nutullah Ozdemir²¹Assoc. Prof. Dr., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ordu University, Ordu-Turkey,
Phone: +90 452 2347098, tayfun5261@yahoo.com²Prof. Dr., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture,
Ondokuz Mayıs University, Samsun-Turkey

ABSTRACT

The aim of the study was to assess the spatial variability of the soil erodibility by soil erodibility factor (K factor in USLE) and erosion ratio (ER) in pasture topsoils using geostatistics. The linear models fit the best semivariogram models for selected erodibility indices. Semivariograms for soil erodibility indices exhibited spatial dependence with ranges of influence of 124 m.

Keywords: Soil erodibility, site specific management, geostatistics, soil erosion

1. INTRODUCTION

Soil erodibility terms explain the soil's susceptibility to erosion and can be defined as "the ease with which soil is detached by splash during rainfall or by the shear of surface flow" (Young et al., 1990). Soil structure influences some soil erodibility indices such as, dispersion ratio, erosion ratio, erodibility factor, and soil structural stability index (Leo, 1963; Bryan, 1968). Soil properties important to soil erodibility indices can be distinguished using the extent of their spatial heterogeneity. Because spatial variability of physical properties exists at several scales, including microsite, plot, and landscape levels, understanding the spatial structure of physicochemical properties is critical to understanding soil ecological processes and soil conservation efforts. Geostatistics, increasingly popular in soil science, are useful in predicting the spatial distribution of spatially dependent soil properties in the field with a limited number of samples. Semivariograms and autocorrelograms are typically used to study the spatial structure of soil properties (Trangmar et al., 1985). The objective of the present study was to assess the spatial variability of soil erodibility factor (K) and erosion ratio (ER) in a pasture soil using semivariogram analysis.

2. MATERIALS AND METHODS

Study site and sampling design: The study area was located in a pasture on the Karaköy State Farm in the Karadeniz region of northern Turkey (Fig. 1).

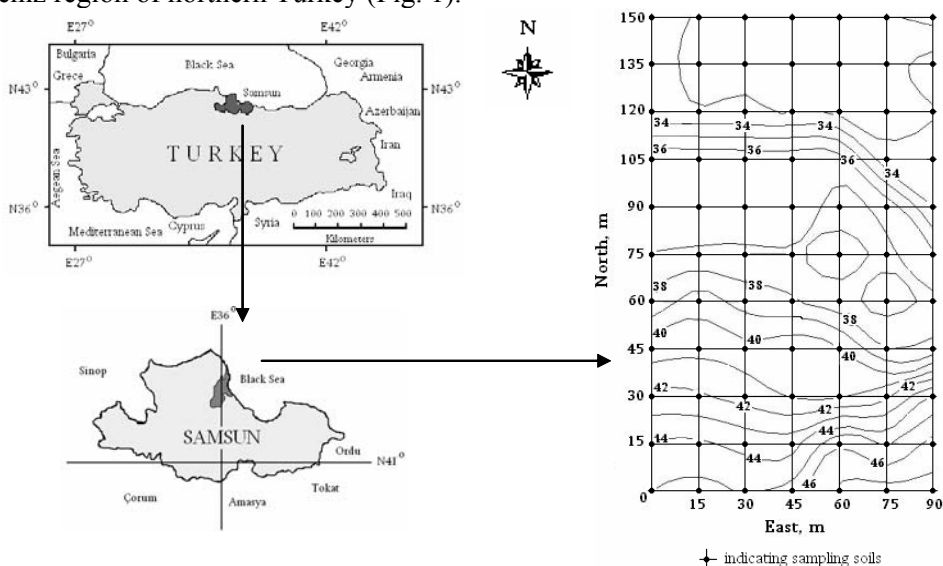


Figure 1. Location map showing the sampling design. Solid symbols are validation sites.

Soil sampling and preparation for soil physicochemical analysis: Samples from the upper 20 cm of soil were collected from seventy seven sampling points at 15 m intervals in the 1.35 ha pasture. Bulk soil samples were transferred to laboratory and where kept for nearly two weeks to stabilize humidity (air-dried at room temperature); plant residues and roots were removed by hand and sieved through 2 mm opening sieve, and saved until analysis (Soil Survey Staf, 1993).

Soil physicochemical analysis: Soil physicochemical properties were determined by the following methods: organic matter content (*OMC*) by the modified Walkley-Black method (Nelson and Sommers, 1982), particle size distribution by the hydrometer method (Gee and Bauder, 1979), lime content (*LC*) by the Scheibler calcimeter (Soil Survey Staf, 1993), soil pH and electrical conductivity (*EC*) in 1:2.5 (w/v) soil-water ratio using pH-meter and EC-meter (Peech, 1965).

Soil erodibility indices: Erosion ratio (*ER*) and soil erodibility factor (*K*), were estimated by the following techniques respectively (Akalan, 1967; Wischmeier and Smith, 1978):

$$ER = (\Sigma b / \Sigma a) \times FC / C$$

Where Σa , percentage of silt plus clay dispersed with calgon agent; Σb , percentage of silt plus clay in soil-water suspension; FC, field capacity (%) and C, clay content (%).

$$K = 2.8 \times 10^{-7} M^{1.14} (12 - a) + 4.3 \times 10^{-3} (b - 2) + 3.3 \times 10^{-3} (c - 3)$$

Where M, particle size parameter (% silt + % very fine sand) x (100 - % clay); a, organic matter percentage; b, soil structure code (1, very fine granular; 2, fine granular; 3, medium or coarse granular and 4, blocky, platy or massive); c, permeability class (1, rapid; 2, moderate to rapid; 3, moderate; 4, slow to moderate; 5, slow and 6, very slow).

Statistical and geostatistical analysis: The degree of spatial dependence of a random variable $Z(x_i)$ over a certain distance can be described by the following semivariogram function:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

$\gamma(h)$ is the semivariance for the interval distance class h, $N(h)$ is the number of pairs of the lag interval, $Z(x_i)$ is the measured sample value at point i, and $Z(x_i+h)$ is the measured sample value at position (i+h) (McBratney and Webster, 1983).

All geostatistical analyses were performed with the GS^+ package program (GS^+ , 1998). GS^+ has several models that can be fitted to estimate semivariograms, but in this study, we used the isotropic linear model:

$$\gamma(h) = Co + \left[h \left(\frac{C}{Ao} \right) \right] \quad h \leq Ao \quad \begin{array}{l} Co \text{ is the nugget variance } \geq 0 \\ C \text{ is the structural variance } \geq Co \\ (Co+C) \text{ is the sill variance, and } Ao \text{ is the range of spatial correlation} \end{array}$$

$$\gamma(h) = Co + C \quad h > Ao$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

Soil properties and erodibility indices

Descriptive statistics of soil physicochemical properties are given in Table 1.

Table 1. Summary statistics on the soil physicochemical properties and erodibility indices ($N=77$).

Soil Properties	Mean	Min.	Max.	S_d	CV (%)	Skw	Kur
Sand (<i>S</i>), %	25.7	14.8	45.0	5.59	21.8	0.96	1.39
Silt (<i>Si</i>), %	27.4	22.1	32.7	1.96	7.2	-0.06	0.87
Clay (<i>C</i>), %	46.9	32.0	55.9	4.69	10.0	-0.69	0.34
Organic matter content (<i>OMC</i>), %	4.65	2.67	7.27	0.86	18.6	0.36	0.62
pH (1:2.5 soil: water suspension)	7.13	6.07	7.73	0.44	6.2	-0.92	-0.21
Lime content (<i>LC</i>), %	2.35	0.00	15.94	3.59	153.0	2.03	3.87
Electrical conductivity (<i>EC</i>), $dS m^{-1}$	0.21	0.09	0.46	0.06	29.3	0.61	2.72
Erosion ratio (<i>ER</i>), %	8.20	1.9	15.5	2.74	33.4	0.76	0.28
Soil erodibility factor (<i>K</i> factor), $t J^{-1}$	0.190	0.141	0.265	0.026	13.7	0.19	0.54

S_d , standard deviation; CV, coefficient of variation; Skw, skewness; Kur, kurtosis

The soils were mostly fine in texture, neutral in soil reaction, high in organic matter content (average of 4.65 %), low in lime content (average of 2.35 %), and low in electrical conductivity ($<0.98 dS m^{-1}$) (Soil Survey Staf, 1993).

The *ER* values of soil samples varied from 1.9 to 15.5 % with a mean of 8.20 %. The soils with erosion ratio greater than 10 % were decided as strongly erodible whereas erosion ratio less than 10 % was decided as weakly erodible (Lal, 1988). The *K* values varied from 0.141 to 0.265 $t J^{-1}$ with a mean of 0.190 $t J^{-1}$.

Spatial variability of erodibility indices

The linear models with the smallest reduced sums of squares (RSS) values and the biggest R^2 values were selected for evaluating spatial variability of K and ER in this area (Table 2).

Table 2. Isotropic models fitted to variograms of K and ER .

Indices	Nugget Co	Sill Co+C	Range (Ao) m	C/Co+C %	Co/Co+C %	Spatial Dependence	R^2	Model
ER , %	3.79	10.66	124	64.0	36.0	Moderate	0.85	Linear
K , $t J^{-1}$	0.0003	0.0009	124	66.7	33.3	Moderate	0.99	Linear

If nugget variance to sill ratio is less than 25 %, then the variable has strong spatial dependence; if the ratio is between 25 and 75 %, the variable has moderate spatial dependence; otherwise, the variable has weak spatial dependence (Chien et al., 1997). The model parameters and the experimental variograms for ER and K are illustrated in Figure 2a and 2b, respectively. The influence zones for K and ER were approximately 124 m (Table 2).

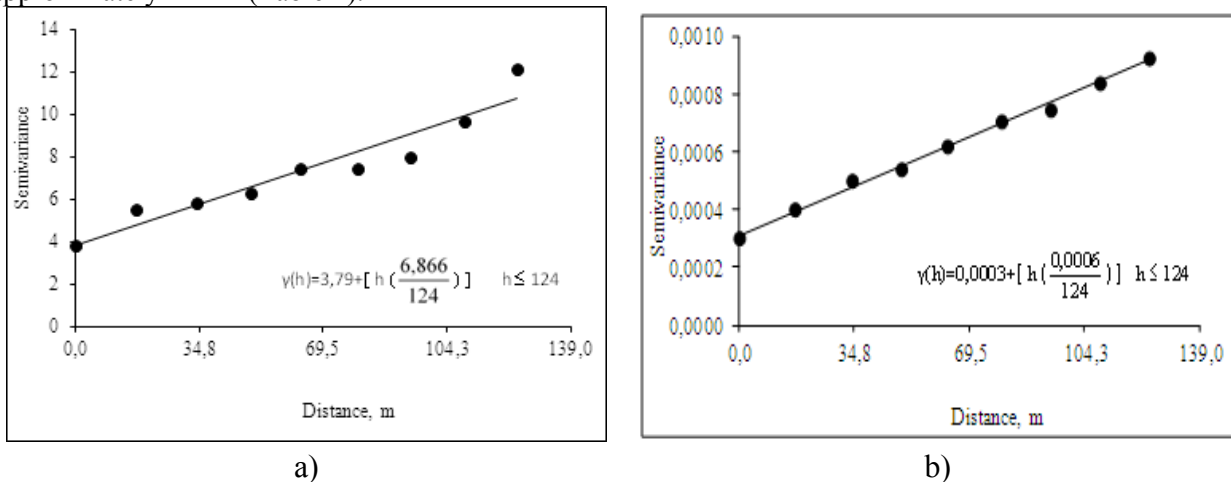


Figure 2. Experimental semivariograms for a) ER and b) K factor.

K and ER were block-kriged based on the linear isotropic model on a 3x3 km grid (1581 locations) using the ten nearest neighboring points. The descriptive statistics are presented in Table 3 for observed and block-kriged K and ER values.

Table 3. Descriptive statistics on the observed and kriged values of K and ER

Descriptive statistics	K , $t J^{-1}$		ER , %	
	Observed	Predicted	Observed	Predicted
Number of samples	77	1581	77	1581
Minimum	0.141	0.163	1.9	4.2
Maximum	0.265	0.239	15.5	12.6
Mean	0.190	0.192	8.20	8.26
Standard deviation	0.026	0.015	2.740	1.576

The block kriged K values ranged from 0.163 to 0.239 $t J^{-1}$, and the mean was 0.192 $t J^{-1}$, somewhat narrower than the range and lower than the mean of measured K values (0.141–0.265 and mean was 0.190 $t J^{-1}$). The range of kriged ER values was 4.2–12.6 %, and the mean value was 8.26 %, The measured range was wider: 1.9–15.5 % (mean = 8.20 %; Table 3). The standard deviations of the kriged K and ER values were lower than on the measured selected models (Trangmar et al., 1985). Figure 3a shows a block-kriged map of K value illustrated using the same 1581 points used to kriged K . As same; Figure 3b is a block-kriged map of ER illustrated using the same 1581 points used to kriged ER .

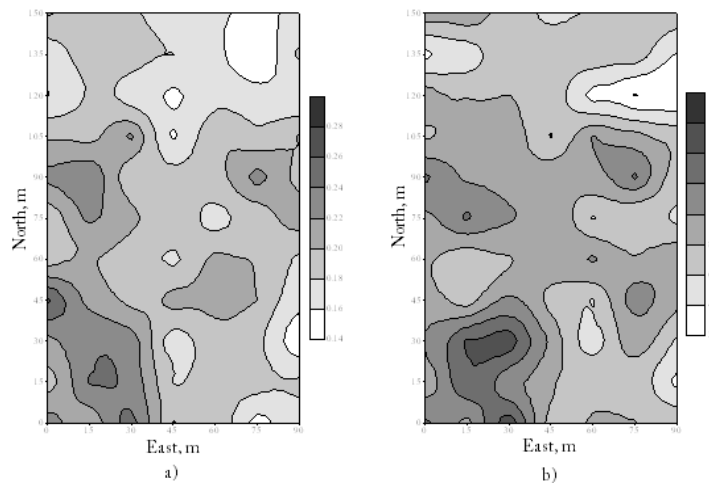


Figure 3. Block-kriged map for a) K factor and b) ER .

4. CONCLUSION

Linear isotropic models were the best semivariogram models for K and ER . The ratios of nugget to total variation on indices was 36 % for ER and 33.6 % for K , indicating moderate dependence of the spatial correlation. The range for the erodibility indices was 124 m. The information obtained from geostatistical techniques can be used to gain a better understanding of the spatial distribution of soil erodibility index in pasture topsoil. This approach enabled maps to be drawn of selected erodibility indices in this area. These assessments of soil erodibility indices are generalized and should only be used for regional planning purposes. Spatial analysis of erodibility indices could be useful for assessing soil structure status for erosion prevention, as well as developing appropriate sampling strategies.

REFERENCES

- Akalan, İ.* (1967). Soil Physical Properties and Erosion. The Yearbook of Faculty of Agriculture, University of Ankara, 3–4, 490–503, (in Turkish).
- Bryan, R.B.* (1968). The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma* 2, 5–25.
- Chien, Y.J., Lee, D.Y., Guo, H.Y., Hwang, K.H.* (1997). Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. *Soil Sci.* 162, 291–298.
- Gee, G.W., Bauder, J.W.* (1979). Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measured parameters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43, 1004–1007.
- GS+* (1998). Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software. Plainwell, MI, USA.
- Lal, R.* (1988). Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. P. 141–149.
- Leo, W.M.* (1963). A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Sci.* 96, 342–346.
- McBratney, A.B., Webster, R.* (1983). Optimal interpolation and isarithm mapping of soil properties: V. Co regionalization and multiple sampling strategy. *J. Soil Sci.* 34, 137–162.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E.* (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy no. 9*, ASA, SSSA, Madison, WI, USA, pp, 539–580.
- Peech, M.* (1965). Hydrogen-ion activity. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy no. 9*, ASA, SSSA, Madison, WI, USA, pp, 914–925.
- Soil Survey Staff* (1993). Soil Survey Manual. USDA Handbook No. 18, US Government Printing Office, Washington, DC, USA.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Uehara, G.* (1985). Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.* 38, 45–93.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D.* (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses- A guide to Conservation Planning. USDA Handbook No. 557, US Government Printing Office, Washington, DC, USA.
- Young, R.A., Römken, M.J.M., McCool, D.K.* (1990). Temporal variations in soil erodibility. In: Bryan, R.B. (Ed.), *Soil Erosion-Experiments and Models*, Catena, supplement 17, Velag, Cremlingen-Destedt, pp, 101–111.

УДК 631.48

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ

В.П. Белобров¹, К.В. Кивва²

¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, belobrovvp@mail.ru

²ЦНИИП по градостроительству РААСН, Москва, terinform@yandex.ru

Последние 20 лет резкое сокращение пахотных земель привело к увеличению площадей залежных почв, масштабы которого исчисляются десятками миллионов гектаров. Как показали исследования, трансформация агроландшафтов в залежи была обусловлена природно-экологическими, хозяйственными, социально-экономическими, политическими и другими причинами, что вызвало кризис в агропромышленном комплексе.

Решение проблем вовлечения земель в сельскохозяйственный оборот, оптимизация их использования видится в комплексной оценке почвенно-земельных ресурсов, которая базируется на почвенно-экологической оценке состояния земель, их производительной способности и возможности перспективного использования в сельском хозяйстве. Причем не исключается оценка альтернативных путей использования земель с учетом экономических и экологических норм и требований на основе современных технологий, например, в развитии рекреационно-спортивного направления, туризма, градостроительства, формирования инфраструктуры и т.д.

Почвенно-экологическая оценка земель реализована в схемах территориального планирования, где ей придается большое значение. Проекты схем уже много лет разрабатываются в ЦНИИП по градостроительству РААСН, в которых принимает участие Почвенный институт им. В.В. Докучаева. Применяемая в схемах методика оценки опирается на уже существующие мелко- и средне-масштабные почвенно-картографические источники, как правило, охватывающие субъекты РФ на разных уровнях, вплоть до сельских поселений. Отдельные хозяйства (поля бывших колхозов и совхозов) требуют при этом повторных крупномасштабных и детальных почвенных исследований. На всех уровнях оценки используются материалы дистанционного зондирования, методы полевого дешифрирования почвенного покрова и ГИС – технологии.

Апробация почвенно-экологической оценки земель в масштабе 1:200 000–1:500 000 была проведена в Новосибирской, Белгородской Смоленской, и Тверской областях, Алтайском крае и Республике Алтай. Причем в Смоленской области в Гагаринском и Вяземском районах в масштабе 1:50 000, сельских поселениях «Ельня», «Самойлово» «Александровка», Сиверском городском поселении Гатчинского муниципального района Ленинградской области в масштабе 1:25 000.

Базой для оценки были имевшиеся почвенные карты, которые в процессе анализа корректировались по данным космоснимков и дешифрирования. На заново созданных почвенных картах представлены структуры почвенного покрова, включающие комбинации почв, обусловленные различными факторами дифференциации почвенного покрова. Серия ГИСовских карт выполненных в программе MapInfo включает в качестве обязательной картографической информации почвенную карту, карту производительной способности земель и карту оптимального перспективного использования. На карте оптимального перспективного использования земель показано наиболее рациональное размещение сельскохозяйственных культур, основанное на их адаптации к почвенно-экологическим условиям.

УДК 631.4

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ БАЗ ДАННЫХ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

Н.И. Белоусова¹, Ю.Л. Мешалкина²

¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, belousova_ni@mail.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, jlmesh@list.ru

Базы данных (БД) в почвоведении создаются, начиная с 70 годов прошлого века. Создание и работа с БД распадается на три самостоятельных блока: 1) сбор фактического материала, его оценка и унификация; 2) описание структуры БД, выбор формы записей и решение проблемы извлечения материалов по запросам разного вида; 3) работа с уже извлеченными из БД материалами. В последнем случае почвовед выступает как «пользователь» БД и, поэтому, его работа не только свя-

зана, но и абсолютно зависит от первых двух блоков. Работа по созданию собственно БД (второй блок) часто воспринимается как самостоятельная и независимая от других блоков. Мы считаем, что это неверно. Структура БД, способ записи данных, иерархия признаков и прочие вопросы не только связаны, но и напрямую зависят от первого блока проблем, то есть от оценки качества имеющихся материалов, от осмысления целей создания БД и т.п., то есть важно не только КАК, но и ЧТО вносить в БД. Проиллюстрируем сказанное на двух примерах.

Опыт работы с БД Voreal (Белоусова, Мешалкина, 2009, 2010) показал, что в литературных источниках местоположение почвенных разрезов указано с разной степенью полноты, часто характеризуется неопределенностью и не подлежит улучшению. Поэтому встает вопрос: включать ли в БД разрезы с такими неинформативными географическими адресами? Анализ вопроса показывает, что при обзорных работах в первую очередь почвовед интересуется положением разреза в ландшафте (рельеф, почвообразующие породы, растительный покров, климат), то есть расположение точки относительно локальных или общих факторов почвообразования. Такая информация позволяет проверить номенклатурное и классификационное определение разреза, вскрыть связи почв с факторами почвообразования, а также дать почвенную характеристику территориям с близкими экологическими условиями. Таким образом, экологическая информация приобретает первостепенное значение и СТАТУС АДРЕСА, что должно найти отражение в структуре записей в БД.

Второй пример касается почвенных образцов, отбираемых из почвенного профиля. Способ и дробность отбора образцов различны и зависят от направления исследований (физические, химические, агрохимические, микробиологические и др.), от строения горизонта и степени его однородности, от целей исследований и от парадигмы научной школы. В целом стандартизированный отбор образцов используется при выполнении стандартных задач. При исследовательской работе характер отбора образцов определяется автором. Е.А. Дмитриевым и его учениками еще в 80-ые годы XX века было показано, что от способа отбора образцов зависят статистические характеристики распределений. В результате появляется дилемма: включать ли в БД все указанные в источнике варианты отбора образцов или пренебречь различиями, приписывая всем вариантам определенный "стандарт". В первом случае структура БД расширяется, неизбежно усложняется извлечение из БД материалов. Второй – требует предварительной выработки "стандарта" образцов, включаемых в БД, а также требований к первичной обработке информации (например, вычисления среднего при дробном отборе). Этот вариант упрощает запись, извлечение информации и последующую работу, но означает необходимость предварительной оценки и обработки данных и определенную потерю информации. На практике при работе с большими массивами или при охвате большой территории приходится жертвовать какой-то частью детализации для того, чтобы получить обобщенную информацию.

Таким образом, три блока создания и функционирования БД, хотя и воспринимаются часто, как самостоятельные и независимые, на самом деле, логически связаны друг с другом, обуславливая общую структуру и качество БД и отдельных ее частей.

УДК 630*114

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛАНДШАФТА С ЦЕЛЬЮ ЗАЩИТЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК

Н.Ю. Борисова

Брянская государственная инженерно-технологическая академия (БГИТА)

bryansk-myt@inbox.ru

С каждым годом в пределах Центрального экономического района РФ возрастает степень антропогенного воздействия на природные комплексы. Это объясняется рядом причин, главной из которых является интенсификация потребления природных ресурсов в силу увеличения их экономической ценности.

Наиболее значительный техногенный пресс на природные ландшафты в пригородной зоне г. Брянска оказывают: заводы и комбинаты (Брянский машиностроительный завод, Сталилитейный завод и другие), некоторые из которых имеют значительные карьерные хозяйства (Мальцовский портландцемент, Силикатный завод) а также автохозяйства размещенные по периферии города, трубопроводные системы нефтепровода «Дружба», ОАО Юго-Запад транснефтепродукт, местные

и транзитные газопроводы, автомобильные и железнодорожные путепроводы, линии высоковольтных электропередач. В значительной степени ведется разработка открытым способом полезных ископаемых, лесных и земельных ресурсов, водорегулирование. Надо отметить, что все перечисленные раздражители экологической обстановки находятся на территории Брянского лесного массива (БЛМ) простирающегося на террасах левобережной части среднего течения реки Десна. В пределах этой же территории в борových и дубравных местообитаниях размещаются санатории и дома отдыха, турбазы, спортивные и дачные комплексы, детские оздоровительные лагеря. Здесь же, находится мемориальный комплекс «Партизанская поляна». Очевидно, что присутствие на одной территории двух систем противоположной функциональной принадлежности, находящихся в противоречии друг к другу, ослабляет сложившиеся веками сбалансированные связи экосистемы и ландшафта в целом. Поэтому, крайне необходимым является поиск путей снижения и оптимизации техногенного, антропогенно-хозяйственного и рекреационного пресса на природные комплексы; повышение устойчивости ландшафта к внешним воздействиям; раскрытие возможностей его оптимизации с использованием принципов сбалансированного природообустройства в рамках защиты окружающей природной среды и экологической обстановки в целом.

Для решения этих вопросов нами в системе 3D выполнена электронная цифровая модель части пригородного ландшафта. Для её построения использовали программу Mapinfo 9.0, а для её визуализации — Surfer 8.0. Она позволяет исследовать пути оптимизации внутренней структуры и функциональных связей природного ландшафта, интенсивно используемого человеком, выявления возможных путей миграции загрязнителей техногенной природы по его геоморфологическим элементам, растительному покрову, почвам, горным породам, открытым и грунтовым водам; определения мест их сосредоточения и накопления.

Последующий анализ представленной модели части земной поверхности интенсивно используемой человеком для разнообразных целей, с фиксацией на ней элементов организации территории, антропо-хозяйственных и техногенных систем позволит наметить пути снижения антропогенного пресса и оздоровления экологической обстановки в целом.

Использование геоинформационных систем позволяет комплексно подойти к вопросу оценки антропогенного воздействия на ландшафты, учитывая сложный рельеф. Помогает оценивать влияние рельефа на процессы почвообразования и лесорастительные свойства, устанавливать точное положение элемента рельефа и понимать его историческую природу для его грамотной защиты. Максимально использовать резервы ПТК применять природоохранные технологии для защиты. Моделировать аварийные ситуации, выявлять наиболее «слабые» места.

УДК: 631.61:631.452:681.3.06

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ МЕРЗЛОТНОЙ ПОЧВЫ СКЛОНА

Л.В. Будажапов, Р.Д. Норбованжилов, А.С. Билтуев

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Улан-Удэ, nitrolu@mail.ru

Повышение продуктивности мерзлотного земледелия при высокой расчлененности рельефа с разной крутизной и экспозицией склонов и выраженной криоаридности режимных процессов невозможно без детальной и точной характеристики почвенного плодородия. Последнее достигается с помощью пакета ГИС-технологий, которые позволяют получить наиболее развернутую панораму изменения плодородия склоновых почв во времени и пространстве. Для реализации возможностей применения геоинформационных систем в оценке изменения плодородия почвы заложен полигон – трансект на склоновом участке каштановой сезонномерзлотной почвы с крутизной 3.5°, протяженностью 3.2 и шириной 0.880 м юго-восточной экспозиции. Отбор образцов почвы проводился по горизонталям склона с географической привязкой GPS-приемника в элювиальной, транзитной и аккумулятивной части и последующим определением и построением карт-схем изменения агрохимических показателей почвы в течение весна–осень по общепринятым методикам с обеспечением AgroGIS. В результате исследований доказана пространственная дифференциация плодородия почвы по элементам склона в результате поверхностного стока и смыва (табл. 1).

Выявлено, что наиболее значимая пространственная дифференциация в плодородии почвы склона наблюдаются в пространстве (элементы склона), чем во времени (весна–осень). Наиболее

существенное увеличение выявлено по нитратному азоту при практически неизменном содержании гумуса. При этом константа (k) скорости миграции нитратного азота достигала $k = 0.424$ в сезон и была наиболее значительной. Существенных изменений содержания общего азота и подвижных питательных веществ по элементам склона не выявлено, характер которых имел полиномиальное распределение, по остальным – в виде регрессии экспоненты. Применение геоинформационных технологий в склоновом мерзлотном земледелии позволило доказать изменение плодородия типичной каштановой почвы в пространстве (элементы склона) и незначительно во времени (весна – осень), благодаря сочетанию географических и почвенно-агрохимических подходов. Последние служат ключевым инструментом в построении развернутого экспертного заключения по эффективному и прогнозно-аналитическому землепользованию типичных склоновых агроландшафтов в этом уникальном регионе России.

Таблица 1. Изменение показателей плодородия почвы по элементам склона, 0–20 см.

Параметр	Время	Содержание по элементам и высотам (м) склона, среднее (n = 5)								
		элювиальная – 698			транзитная – 674			аккумулятивная – 660		
Гумус, %	весна	1.58	1.58	1.58	1.57	1.57	1.57	1.61	1.61	1.62
	лето	1.57	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.62	1.60	1.61
	осень	1.56	1.56	1.58	1.58	1.58	1.58	1.60	1.62	1.60
N общий, %	весна	0.089	0.91	0.092	0.101	0.104	0.108	0.111	0.112	0.112
	лето	0.076	0.85	0.088	0.094	0.100	0.102	0.105	0.107	0.110
	осень	0.085	0.87	0.088	0.100	0.101	0.100	0.102	0.105	0.108
N – NO ₃ ⁻ мг/кг	весна	0.21	0.26	0.26	0.28	0.30	0.29	0.68	0.83	0.88
	лето	0.06	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.09
	осень	0.16	0.16	0.18	0.20	0.21	0.20	0.31	0.28	0.30
P ₂ O ₅ , мг/100 г	весна	5.44	5.20	4.52	6.37	8.12	10.3	58.4	46.2	50.4
	лето	5.26	5.16	5.24	6.20	7.02	6.58	59.3	51.7	48.6
	осень	4.82	5.10	4.43	5.40	6.35	7.14	48.0	45.3	50.2
K ₂ O, мг/100 г	весна	10.3	11.4	12.1	11.8	12.2	10.5	14.3	13.6	15.1
	лето	14.5	15.0	19.0	21.4	18.2	20.4	20.2	18.4	21.1
	осень	12.6	12.2	13.6	13.1	12.5	12.1	13.0	11.8	14.7

УДК 004:631.58(470.324)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТИПИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Волкова

Воронежский государственный аграрный университет, soil@agrochem.vsau.ru

Применение высоких технологий дает особенно впечатляющий результат в тех отраслях народного хозяйства, которые считаются наиболее отсталыми и депрессивными. В этом отношении сельское хозяйство нашей страны – вне конкуренции, но, несмотря на это, российский бизнес начинает широкое внедрение информационных технологий в сельском хозяйстве. Попытки наладить эффективное и осмысленное управление в сельском хозяйстве наталкиваются на массу препятствий. В первую очередь – это отсутствие достоверных сведений, как о местности, так и о характере землепользования и его режиме.

Руководители крупных хозяйств зачастую даже не знают точных размеров собственных полевых площадей, что обусловлено их постоянным изменением, в силу различного рода природных и административных процессов. Обновление картографического материала, ранее осуществлявшееся на деньги государства, практически прекратилось. Работа осуществляется на основании карт 10–15 летней давности, не отражающих реалии сегодняшнего дня. Кроме того, меняются характеристики почв и вегетации на различных участках полей, а также от участка к участку. Эти данные, во-первых, должны быть в распоряжении специалистов для прогноза и анализа урожайности, а, во-вторых, лежать в основе агротехнических планов применительно к каждому конкретному полю или участку, в противном случае потерь и неэффективных расходов избежать не удастся.

Имеющиеся в хозяйстве картографические материалы можно условно разделить на три группы: землеустроительные, почвенные, агрохимические. Землеустроительные материалы представлены либо планами внутрихозяйственного землеустройства советского периода либо современными

ми кадастровыми планами. Агрохимические материалы представлены агрохимическими картограммами (содержания гумуса, подвижного фосфора, подвижного калия, pH) различной давности.

Отсутствие достоверной информации о состоянии полей, не позволяет принять выверенное решение об основной выращиваемой культуре и применяемой аграрной технологии ее возделывания. В полном варианте, агрономическая ГИС должна включать многослойную электронную карту хозяйства и атрибутивную базу данных истории полей, с учетом всех выполненных агротехнических мероприятий. Количество тематических слоев электронной карты зависит от сложности ландшафтно-экологических условий и уровня интенсификации агротехнологий.

Исследования выполнены с использованием ГИС «Панорама-АГРО» на территории учебного хозяйства Воронежского ГАУ им К.Д. Глинки «Агротех-Гарант Березовское». Хозяйство расположено северо-восточной части Рамонского района Воронежской области в пределах междуречья Дон-Воронеж. Западная граница землепользования ограничена левобережьем р. Дон, правая – правобережьем р. Воронеж. Землепользование хозяйства включает 4 отделения. Доля с.-х. угодий 89.1 %, из них пашни 81 %.

Согласно почвенно-географическому районированию хозяйство расположено в Землянско-Репьевском районе типичных и выщелоченных черноземов. Фонообразующими почвами хозяйства являются черноземы выщелоченные.–

Преобладание в почвенном покрове черноземов выщелоченных обуславливает сравнительно невысокие параметры почвенного плодородия. Прежде всего, судя по pH солевой вытяжки почв разных типов местности, они имеют слабокислую или близкую к нейтральной величины обменной кислотности. Наиболее вариабелен этот показатель для склонов западной экспозиции, что обусловлено наличием почв легкого гранулометрического состава.

Таблица 1. Характеристика почв различных типов местности.

Элемент рельефа	pH сол.	Гумус %	Ca	Mg	Нг	Е	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г почвы					мг/кг почвы	
Плато	5.4–5.9	5.1–7.7	28.7–36.3	5.2–6.9	4.9–6.6	38.8–49.8	88–92	75–125	80–122
Склон С. экспоз.	5.5–5.7	5.0–5.7	30.1–36.0	5.1–6.5	4.8–5.2	40.0–47.7	85–89	87–143	94–152
Склон Ю. экспоз.	5.6–5.9	3.2–7.0	12.2–35.5	3.6–7.2	4.2–6.6	20.1–49.3	77–90	62–87	67–110
Склон З. экспоз.	5.6–6.4	5.2–6.7	24.1–29.4	5.2–6.1	3.5–5.2	32.8–40.7	85–91	81–138	90–135
Склон В. экспоз.	5.4–5.7	4.5–6.8	30.8–35.6	7.0–8.1	4.1–8.0	41.9–51.7	92–94	71–118	83–139

По содержанию гумуса почвы мало- и среднегумусные, а по мощности гумусового горизонта преобладают среднемощные разности. Наиболее вариабелен этот показатель для почв южной экспозиции.

Как следует из данных таблицы 1, в составе почвенного поглощающего комплекса преобладает поглощенный кальций. Высокая величина емкости поглощения почв при сравнительно низкой гумусированности в значительной степени обусловлена тяжелым гранулометрическим составом почв, т.к. преобладающими почвообразующими породами являются покровные суглинки и глины, содержащие до 39–52 % тонко пылеватой и илистой фракций. Длительное применение минеральных удобрений без проведения регулярного известкования способствовало существенному подкислению почв.

Величина гидролитической кислотности варьирует в довольно широких пределах 3.5–8.0 мг-экв/100 г почвы, что обуславливает низкую для черноземов степень насыщенности основаниями 77–94 %. Это свидетельствует о существенном декарбонизации профиля пахотных почв на всех типах местности. Наименее вариабельна степень насыщенности основаниями на плато и склонах северной и восточной экспозиций.

Следствием несбалансированного применения минеральных удобрений и нарушений технологии основной обработки почвы практически на всех типах местности отмечается формирование мощной плужной подошвы (15–30 см).

В настоящее время уровень применения минеральных удобрений недостаточный, что проявляется в низком уровне обеспеченности элементами питания. Наибольший дефицит элементов питания отмечается на склонах южной экспозиции.

Исследованиями установлено, что преобладающим типом местности является плато – 53 %, склоновый тип местности занимает 37 %. Полярные склоны занимают 5 и 4 % соответственно (северные и южные). Наиболее вариабельна крутизна склонов северной экспозиции 5–15°. Склоны западной и восточной экспозиции занимают 8 и 10 % площади. Наиболее вариабельна крутизна склонов западной экспозиции 0–18°. Как и следовало ожидать, вовлечение в обработку склоновых почв при существующей технологии основной обработки почвы, закономерно обуславливает развитие водной эрозии.

За последние два десятилетия на территории хозяйства площадь защитных лесных полос возросла примерно на 1/3. Однако все новые лесные полосы размещены преимущественно на плакоре. Они практически не влияют на эрозионные процессы. Несмотря на активное использование поверхностных обработок в хозяйстве еще используется и вспашка, в т.ч. и на склоновых почвах.

Сравнение материалов по корректировке почвенной карты, полученных нами, с материалами предыдущих туров почвенных изысканий (1985 г.) показало, что даже на плакорах отмечается снижение мощности гумусного слоя на 10–15 см. Интенсивные летние ливни могут вызвать эрозию даже на склонах крутизной менее 1°. Следует размещать новые лесополосы не традиционным способом, а по технологии ландшафтной организации территории.

Исследованиями установлено, что выявленные нами типы местности необходимо использовать для рационального планирования, организации с.-х. производства, охраны и защиты почвенного покрова от эрозии.

УДК 631.459.31:519.25

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

М.Р. Давлетшина

Башкирский государственный аграрный университет, davletshina@yandex.ru

Эрозия почв – это естественный и постоянный процесс, и в ненарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, происходящие разрушения обычно восстанавливаются. Однако если равновесие между почвой и растительностью нарушено, что нередко происходит под влиянием деятельности человека, то эрозия усиливается и зачастую приводит к необратимым последствиям. Скорость эрозии превышает скорость естественного формирования и восстановления почвы

Южное Предуралье – регион активного проявления водной и ветровой эрозии почв. Площадь эродированных сельскохозяйственных угодий в Республике Башкортостан составляет 4.7 млн. га или 64 % угодий всех категорий земель, еще 1.4 млн. га являются эрозионно-опасными. Эрозия почв вызывается, как известно, совокупным влиянием многих природных и антропогенных факторов. Территория Южного Предуралья характеризуется большой расчлененностью рельефа, разностью высот (от 50 до 1692 м.), высокой распаханностью земель, а также глубоким промерзанием почвы к началу снеготаяния. Кроме того, почти 75 % всех угодий расположено на склонах различной крутизны (Гарифулин, 1984). Водной эрозии, подвержено 3.4 млн. га сельхозугодий. Особенно она проявляется на пашне – 2.6 млн. га, что составляет 55 % всех пахотных земель республики. В среднем по республике потенциально возможный смыв почвы составляет 9.6 т/га в год или 45.5 млн. т мелкозема со всей площади пашни (Хазиев и др., 1997). Смыв весенними тальми водами с зяби на склоновых землях на серых лесных почвах составляет от 11 до 121 т/га, на черноземах выщелоченных – от 0 до 88 т/га, типичных – до 134 т/га, карбонатных – от 11 до 388 т/га (Гареев, 2010).

Для описания процессов эрозии используются логико-математические модели. Математическое моделирование формализует процедуру описания природных механизмов, что облегчает решение сложных экологических вопросов с множеством переменных и взаимозависимых величин.

Целью данной работы является определение количества смываемого мелкозема с тальми водами и ливнями на водосборах с малыми уклонами, используя математическое описание процессов формирования стока и выноса мелкозема.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на основе экспериментальных данных 2000–2010 гг. на водосборах естественных потяжин с небольшими уклонами.

Статистический анализ основных параметров стока проводился с использованием методов многофакторного статистического анализа, корреляционного анализа, множественной регрессии на базе встроенного пакета анализа в Ms Excel и прикладного пакета STATISTIKA.

Результаты исследований. Используя статистические методы и информационные технологии, определены зависимости выноса почвы от различных факторов, зависимости расхода воды от таких факторов как глубина оттаивания почв, интенсивность снеготаяния, среднесуточная температура воздуха. Полученные уравнения позволяют определить критические значения и поправочные коэффициенты, при которых начинается поверхностный сток. Результаты показали, что на водосборах с малыми уклонами (1–2°) на распаханном черноземе, выщелоченном, в период снеготаяния с 1 м³ талой воды, выносятся 0.25–0.59 кг мелкозема, а каждый гектар земли теряет около 100 кг плодородной почвы.

УДК 631.4: 912.43

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С.В. Железова¹, Е.В. Березовский¹, В.П. Самсонова²

¹РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, pole-ct@mail.ru

²МГУ им. М.В.Ломоносова, vkbun@mail.ru

Точное земледелие – это новый подход к использованию ресурсов почвы и растений, основанный на точном знании их свойств и потребностей в разные моменты. Образным девизом точного земледелия можно считать выражение: «Нужное действие в нужном месте в нужный момент». Одной из составляющих точного земледелия является программное обеспечение, позволяющее агрегировать информацию об угодье в разные моменты времени, вырабатывать стратегию и тактику действий и обеспечивать управление различными сельскохозяйственными механизмами. В настоящее время имеется несколько систем, позволяющих управлять сельскохозяйственными данными. В Центре Точного Земледелия Тимирязевской сельскохозяйственной академии используется программа SMS, существующая в базовой (BASIC) и расширенной (ADVANSED) версиях.

SMS (Spatial Management System) – простой в использовании, но мощный программный комплекс системы точного земледелия для использования с оборудованием Ag Leader. Некоторые функции – импорт всех файлов регистрации уборки, созданных мониторами урожайности Ag Leader, Case IH, JD Greenstar и New Holland; импорт данных из источников помимо текущего оборудования (файлы ESRI Shape, файлы изображения GeoTIFF, текстовые данные). Импортированные данные за исключением изображений снабжены сводной информацией и могут быть представлены в виде диаграмм, отображаться в отчетах, запрашиваться, картироваться и т.д. Программное обеспечение позволяет экспортировать данные в этих форматах импорта, чтобы была возможность передать информацию на внешние источники, которые могут не поддерживать прямую обработку файлов монитора. Файлы экспорта можно настроить и сохранить в качестве шаблонов экспорта для облегчения экспортирования и использования вне программного обеспечения.

Еще одна удобная функция – Пространственный сортировщик, служит мощным средством упорядочивания и сортировки данных независимо от способа из сбора и использованной модели монитора. Можно установить границу для поля и/или фермы, и программное обеспечение может рассортировать поля, загруженные в систему, по заданным площадям фермы. Собранные данные можно также рассортировать по определенным полям.

Отдельные уровни данных могут быть отображены на карте одновременно, Их порядок и видимость может быть отрегулирована. Это означает, что можно импортировать карту почв поверх карты урожайности и карт внесения/высева на одном экране и выбирать цвета, тип карты и прозрачность для каждого слоя. Программа обеспечивает значительную функциональную гибкость параметров, которые можно задавать для отображения и взаимодействия с картированными данными.

SMS содержит очень мощные средства для анализа собираемых или импортируемых данных. Мастера анализа, поэтапно выполняющие процесс анализа, предусмотрены для сравнительного анализа, записи уравнений, выведения среднего значения за несколько лет, анализа NDVI, анализа прибылей/убытков и анализа уклонов. Программа позволяет создавать и управлять проектами, которые хранят данные от разных фермеров, ферм и т.д. в отдельных массивах данных и местах хра-

нения данных. Эта функция используется для поддержания приемлемого размера единой базы данных и каталога данных, обеспечивает конфиденциальность и защиту данных разных лиц и обеспечивает легкую настройку и перенос данных клиентов.

В докладе на примере данных о полевом опыте ЦТЗ демонстрируются отдельные моменты использования программы SMS для анализа данных и создания карт предписаний и управления.

УДК 631.6

СТРУКТУРИРОВАНИЕ РАСЧЛЕНЕННЫХ РЕЛЬЕФОВ В МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТОКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

В.Н. Зайцев

Институт биологического приборостроения РАН, г. Пущино М.О., tobil@rambler.ru

Актуальность. Почвы в биосфере выполняют важную функцию промежуточного компонента по обеспечению донорно-акцепторных сопряженностей в системе биогеохимических циклов обмена веществом, энергией между организмами, атмосферой и минеральной средой земной поверхности (Зайцев, 2009). Вместе с тем, структурно почва – элемент подсистемы биогеоценоза, часть земной поверхности – рельеф, территориально оконтуренная, например, картографическими выделами в сельскохозяйственных, мелиоративных целях. Традиционное рассмотрение рельефа ориентировано преимущественно на практическое использование земельных угодий как однотипно устроенных ландшафтно-структурных образований и это закрепляется в методах их отображения при составлении тематических карт. Подчеркивается необходимость учета всех факторов, которые обуславливают особенности формирования гидрологических поверхностных стоков и всего спектра склоновых процессов (Сухарев, 2002; Мальцев, 2006). Усложнение ландшафтной дифференциации территорий, например, расчленением рельефа при обосновании водных мелиораций, однако, не позволяет выявить системное действие факторов и физических процессов. Поэтому, на основе системной методологии имеется принципиальная возможность выбора основных предпосылок, позволяющих моделировать процессы формирования ландшафта, предсказывать их результаты. Процессы изменения ландшафта протекают вблизи поверхности, при колебаниях параметров напряженности гравитационного поля Земли, так, что в целом взаимовлияние структурных и функциональных неоднородностей (градиентов), обуславливает формирование уровней воздействующих факторов среды на биосферу, почвенный покров (Зайцев, 2008). Это проявляется в неодинаковой освещенности рельефа, климата, уровней элементов минерального питания, воздействий антропогенного фактора, а также в структуре, возрасте подстилающих пород. Аналитические методы, в том числе картографическая визуализация ландшафтов (их фаций) призвана облегчить процесс моделирования рельефа. Здесь очевидна системная роль топографических, климатических, антропогенных и геологических факторов-предпосылок в ландшафтном картографировании. Известно, что тематические карты составляются на основе топографических с использованием изолиний равных высот – горизонталей (изогипсы, изобаты) с нанесенными на них отметками высот (Степанов, Флоринский, Шарый, 1991). Карты, составленные методом пластики рельефа, позволяют получать дополнительную информацию о структуре и динамике почвенных разностей по расчлененному рельефу земной поверхности через структурирование с помощью морфоизографы, разделяющей рельеф на систему выпуклостей и вогнутостей, чем и выявляется взаимосвязь морфоизографы с рельефом (Сухарев 2002). Однако, до настоящего времени метод «пластики рельефа», остается по большей части невостребованным в широких исследованиях, а также непонятым, так как отсутствует визуальное представление древовидности, изоморфности (Зайцев, Степанов, 2010) в реальных почвенно-растительных ландшафтах в противоположность системной почвенно-динамической потоковой древовидности, которая присутствует на тематических картах пластики рельефа.

Цель работы. Картографическое структурирование расчлененного рельефа в морфодинамическую потоковую систему для оценки почвенных ресурсов.

Методология и обсуждение. Оценка почвенных ресурсов ведется в границах природных образований – ландшафтов. Ландшафт представляет собой территорию, однородную по происхождению, истории развития, с единым геологическим основанием, однотипным рельефом, единообразным сочетанием почв, растительности, которая отличается от других особенностями структуры,

характером взаимодействия между отдельными компонентами. Ландшафтный подход предполагает учет морфологических особенностей агроландшафтов, их региональных различий, а также изучение многочисленных взаимосвязей между компонентами, в том числе на уровне баланса вещества и энергии. Ландшафтоведение предлагает наиболее объективное по сумме всех свойств деление территорий на ландшафтные зоны и их морфологические части: местности, урочища и фации. Это деление имеет и практическое значение, оно отчетливо видно на тематических ландшафтных картах. На ландшафтных картах, составленных в пределах границ административных областей, осуществляется синтез двух делений территорий – ландшафтного и административного. Открытость фаций предопределяет их взаимосвязь и образование более сложных ландшафтно-геохимических систем. Так, серия фаций, сменяющих друг друга от местного водораздела к местной депрессии рельефа (к местному постоянному или временному водотоку) и связанных латерально направленными гидрохимическими потоками, образует ландшафтно-геохимическую катену – простейшую каскадную ландшафтно-геохимическую подсистему и неделимую часть речного бассейна. Первичные модели ландшафтно-геохимических катен, представляющих линейный каскад сопряженных фаций, должны быть как минимум двумерными, учитывающими как вертикальные, так и латеральные (в сторону водотока) потоки вещества. Поэтому учитывается разное высотное положение фаций, образующих катену, взаимодействие поверхностных и подземных потоков. Опыт моделирования влагооборота в ландшафтах показал необходимость учета взаимодействия фаций, образующих геохимические катены, учет соотношений между площадями элювиальных, трансэлювиальных, супераккумулятивных и пойменных фаций. Соотношение размеров фаций ландшафтных катен, их высотное расположение предопределяет размещение в пространстве различных почв и биоценозов (Голованов, Кожанов, Сухарев, 2005). В вертикальном направлении необходима оценка характерных для каждого физико-географического района взаимного высотного расположения фаций, то есть выявление подсистем вертикальной расчлененности рельефа первичными постоянными и временными водотоками. Однако, известно, что общегеографические карты содержат эти данные в скрытом виде. В связи с этим, очень полезными для решения поставленных задач оказываются карты пластики рельефа, которые составлены И.Н. Степановым и сотрудниками в 1980–2010 гг. (Степанов, 1986; Степанов, Лошакова, 1993; Степанов, 2006; Винокуров, Степанов, 2010). Анализ этих карт, а также совмещение их с ландшафтной картой позволили исследователям получать системную информацию о свойствах литосферы, педосферы, их компонентов, а ландшафтная карта дополняла их размещением и структурой природных территориальных комплексов (геосистем). Морфоизограф отражает морфодинамические характеристики потоковых почвенных структур. Ее естественность обусловлена тем, что вычленяются не просто выпуклости от вогнутостей, а осуществляется это в плане каскадно геодинамического понижения почвенных морфодинамических структурных поверхностей (фаций). В этом смысле, она не просто проходит по точкам перегиба изогипс, а пересекает по точкам перегиба площади горизонтальной поясности и спускается по точкам перегиба вертикальной профильности местного ландшафта последовательно, начиная от самых высоких (репеллерных) условно горизонтальных фаций (катен) вертикального профиля до самых нижних горизонтальных поверхностей. По характеру морфо-динамической визуализации структурирование разнородных рельефов с помощью морфоизографы является абстрагированием от реальных почвенно-растительных ландшафтов. Она отражает невидимые на реальных ландшафтах геометрически преобразованные на картах «пластики рельефа» древовидные, изоморфные потоковые структуры как условный аналог морфодинамического почвенного каркаса. Такая картографическая визуализация объединяет в систему естественную картину почвенно-морфодинамических разностей и переходов от репеллерных ландшафтов (их фаций) ко все более пониженным, до самых низких – аттракторных. По методу пластики рельефа кривые, соединяющие точки перегиба верхнего плакора с точками перегиба изогипс нижележащих фациальных поверхностей фактически проходят под поверхностными растительными слоями ландшафта и в принципе являются графическими линиями, которые несут в себе компьютерную условность (виртуальность).

Смещение приоритетов от методологии статического состояния элементов расчлененного целого в сторону расширения системных обобщений определяет необходимость развития динамического моделирования в почвоведении для системной оценки почвенных ресурсов. Методология пластики рельефа вписывается в понятие о динамической системе (ДС) как объекте природы, изменяющемся во времени по геодинамическим законам. Понятие ДС также является идеализацией,

при которой объект выделяется из среды, но по условию не исчерпывает реальности. Очевидно, что такая модельная проекция, отражая свойства самой системы и будучи фрактальной, иерархически организованной с пространственной структурой имеет и локально устойчивые области с границами в виде бифуркаций – расчленений (Пузаченко, 2006). Несомненно, что исследование такого сложного почвенно-растительного ландшафта как ДС еще в большей мере обуславливает необходимость учета всех свойств и явлений, выявляющих его морфодинамическую направленность, а для этого необходимо использование новых измерительных систем, комплексов, например, аэро-, космическое зондирование ландшафтов, построение цифровых моделей рельефа на основе ГИС-технологий. В связи с этим, необходимость в картографических исследованиях, связанных с анализом морфодинамических почвенных формаций рельефа (ландшафта) должна увеличиваться. Показательно, что использование аэро-, космического зондирования и последующее дешифрирование не позволяет получать информацию по качественным показателям близкую к уровню информации, которую получают на основе методов выявления пластики морфодинамических структур. На рисунке показаны почвенные формации, выявленные структурированием расчлененных ландшафтов на основе методов пластики рельефа. Верхняя часть палеодельты р. Волга севернее г. Элиста отнесена к Сарпино-Даванской. Долина палеодельты р. Волги, существовавшая на Нижней Волге на протяжении последних 600–700 тыс. лет, периодически при трансгрессиях Каспия превращалась в глубокий, длинный залив (лиман). Часть долины Волги, лежащая ниже уровня очередной трансгрессии, заполнялась солоноватыми водами и равномерным слоем осадков с установлением лиманного режима. В регрессивные фазы Каспия р. Волга следовала за отступающим уровнем, врезаясь в толщу лиманно-морских отложений, и перекладывала их уже в виде речного – руслового и пойменного аллювия, образуя при этом пойму (Коротаяев, Чернов, 2001). Составление карт почвенных формаций морфодинамических структур по технологии структурирования на основе вычленения выпуклостей, вогнутостей в пойме р. Волга служит наглядной моделью формирования почвенных морфодинамических систем по палео-, и современному руслам реки, а также на прилегающих территориях. Она может облегчить проведение морфометрических, морфологических, топологических и других форм анализа пространственной информации на основе современных ГИС-технологий (Зайцев, Ильясов, Кирик, Савельев).



Рисунок. Нижнее Поволжье: сравнительное представление почвенных формаций палеодельты (1) и современного русла (2) р. Волга.

Таким образом, на примере изображений палеодельты и современных морфодинамических структур почвенных формаций р. Волга продемонстрированы особенности структурирования рельефа в целостную морфодинамическую систему с аттракторным стоком к Каспийскому морю. Развитие синтетических методологий представления почвенно-растительных ландшафтов в картографических образах морфо-литодинамического каркаса потоковых систем посредством технологий цифрового картографического структурирования расчлененных рельефов позволит в более полной мере учесть влияние физических факторов на формирование рельефа. Полученные результаты облегчают понимание научной, практической значимости, при использовании технологии выявления, структурирования эрозионно-расчлененных ландшафтов, системно объединяемых в поч-

веннодинамические потоковые структуры. Они образуют единый почвенно-морфодинамический каркас исследуемого рельефа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сухарев Ю.И.* Использование карт пластики и расчленения рельефа при обосновании водных мелиораций. В сб.: Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России, Часть II. – М.: МГУП, 2005. с. 11–16.
2. *Зайцев В.Н.* Биоразнообразие как структурно-морфологическая память синергетического действия факторов среды. В сб.: Проблемы синергетики и коэволюции геосфер, Саратов, Изд. СИ РГТЭУ, 2008, с. 228–231.
3. *Мальцев К.А.* Морфометрический анализ рельефа Республики Татарстан средствами ГИС-технологий: Дисс. канд. геогр. наук: 25.00.36, 25.00.25, Казань, 2006, 235 с.
4. *Зайцев В.Н.* Адаптационные механизмы эволюционного почвообразования, В сб.: Эволюция почвенного покрова, Пушкино, 2009, с. 16–19.
5. *Степанов И.Н., Флоринский И.В., Шарый П.А.* О концептуальной схеме исследований ландшафта, В сб.: Геометрия структур земной поверхности, Пушкино, 1991, с. 9–14.
6. *Зайцев В.Н., Степанов И.Н.* Изоморфизм почвенных тел как отражение геофизических, геохимических сопряженностей биосферы с литосферой. В сб.: Отражение био-, гео, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове, Томск, 2010 т.3, с.78–82.
7. *Винокуров И.Ю., Степанов И.Н.* Применение потоковых картографических моделей для решения прикладных задач экологической безопасности. Владимирский Земледелец, №1–2 (51–52), 2010, с.46–47.
8. *Степанов И.Н., Лошакова Н.А.* Московская область. Пластика рельефа. Почвы. М-б 1:350000. М.: Картографическое приложение к журналу «Лик», 1993.
9. *Степанов И.Н.* Формы в мире почв., М.: Наука, 1986, 192 с.
10. *Степанов И.Н.* Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М. Наука, 2006, 230 с.
11. *Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И.* Ландшафтоведение. М.:Колос, 2005, 216 с.
12. *Пузаченко Ю.Г.* Ландшафт как динамическая система. В сб.: Ландшафтоведение: теория, региональные методы исследования, практика, Материалы XI Международной ландшафтной конференции Москва, 22–25 августа 2006 г., с. 44–46.
13. *Кортаев В.Н., Чернов А.В.* Формирование Волго-Ахтубинской поймы и палео-дельт р. Волги в позднем плейстоцене и голоцене, В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 13., Москва, 2001, с. 228–240.
14. *Зайцев А.А., Ильясов А.К., Кирик О.М., Савельев Р.А.* Электронные карта русловых процессов В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 13, Москва, 2001, с.240–257.

УДК: 631.481; 002.53:004.65

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ПОЧВ ДЛЯ РЕЛЯЦИОННОЙ ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

А.В. Иванов, В.М. Колесникова, Н.Н. Рыбальский

Факультет почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова,
avi@soil.msu.ru

Целью работы является создание единого пространства показателей свойств почв для использования в формализованных методах описания и исследования почв и удовлетворяющего требованиям универсальности, масштабируемости, однозначности, модульности, понятности и простоте использования.

Предполагается, что пространство показателей свойств почв составляют взаимосвязанные категории и понятия, характеризующие свойства почвенных объектов. Формализация представляет собой последовательное описание этих подмножеств в форме метаданных, заданных на трех базовых доменах: наименованиях показателей, методов и значений показателей (далее – показатели, методы, значения). Результат формализации выражается в виде индексированного показателя

свойства почвы – группе идентификаторов [IndicatorID, MethodID, ValueID/Value], связывающих конкретный показатель с конкретным методом и конкретным значением показателя.

Принципы формализации:

– каждое подмножество описывается в отдельных таблицах базы данных – indicator (показатель), method (методы), value (значения);

– каждому показателю ставится в соответствие метод/группа методов определения значения свойства почвы;

– если значения показателя являются определенными и образуют конечное множество, то они рассматриваются как ссылочные и для каждого из них создается запись в таблице value, если множество значений показателя потенциально выражается бесконечным или неопределенным количеством элементов, то для них записи в таблице value не делается, а значение вводится вручную;

– элементы множеств связаны через отношение много-ко-многим, задающим жесткое соответствие в триаде показатель-метод-значение.

– элементы каждого подмножества последовательно (в порядке поступления) нумеруются числами натурального ряда, которые используются как первичный ключ или уникальный числовой идентификатор данного элемента – IndicatorID, MethodID, ValueID;

– каждому элементу в пределах соответствующей таблицы базы данных соответствует строка (кортеж), содержащая полное метаописание данного элемента;

Метаописание показателей (таблица indicator) включает:

– уникальный идентификатор показателя.

– короткое наименование показателя.

– подробное описание показателя.

– наименование единицы измерения.

– короткое наименование свойства почвы, которое оценивает показатель.

– символьный код показателя.

– идентификатор иерархического уровня показателя.

– тип почвенного объекта.

– тип данных, используемый для хранения значений показателя.

– метод ввода значения показателя.

– наименование таблицы, в которой хранится значение показателя.

– идентификатор методов определения значения показателя.

– идентификатор набора ссылочных значений показателя.

– тип шкалы, характеризующий множество значений показателя:

– кратность использования показателя.

– признак формы вывода значения показателя в бд.

– обязательность ввода.

– порядок вывода.

– ссылка на родительский идентификатор.

– имя тега в dtd-шаблоне xml-документа описания почвенных данных.

– указатель использования текущей записи.

Метаописание методов (таблица method) включает:

– уникальный идентификатор группы методов или метода определения значения показателя.

– ссылка на родительский идентификатор.

– короткое наименование группы методов или метода определения значения показателя.

– наименование группы методов или описание метода определения значения показателя.

– идентификатор методов определения значения показателя.

– порядок вывода.

– символьный код метода определения показателя.

– цифровой код метода определения показателя.

– указатель использования текущей записи.

Метаописание значений (таблица value) включает:

– уникальный идентификатор группы значений или значения показателя.

– ссылка на родительский идентификатор.

– короткое наименование группы значений или значения показателей.

– наименование группы значений показателей или подробное описание значения показателя.

- идентификатор набора ссылочных значений показателя.
- порядок вывода.
- символьный код значения показателя.
- цифровой код значения показателя.
- указатель использования текущей записи.

Описанный метод формализации позволяет создать единое информационное пространство показателей свойств почв. Удобством метода является его гибкость и простота интеграции в широкий спектр почвенных информационных систем.

Метод имеет простой алгоритм создания метаописаний, легко расширяется и может быть настроен для широкого круга практических применений.

Версия 301.546.2079 доступна на сайте проекта «Почвенно-географическая база данных России» <http://db.soil.msu.ru>.

Работа выполняется при поддержке РФФИ, проект № 09-07-00315-а.

УДК 631.4

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИЙ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

М.В. Конюшкова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, mkon@inbox.ru

В Государственном (национальном) докладе о состоянии и использовании земель в РФ в 2009 г. указывается (с. 114–115): «Для более эффективного управления земельными ресурсами Российской Федерации с ее разнообразными природно-хозяйственными условиями, а также в целях разработки комплекса почвозащитных мероприятий, мероприятий по экономическому стимулированию собственников и пользователей в рациональном использовании и охране земель крайне необходимы пространственно обобщенные, регионально систематизированные и сопоставимые данные о земле. Однако за последние годы в большинстве субъектов Российской Федерации работы по изучению состояния и использования земель, в частности почвенные, геоботанические и другие специальные обследования практически не проводятся».

Наше исследование направлено на методическое обеспечение создания на основе современных технологий системы пространственно обобщенных данных по почвенным ресурсам и состоянию почвенного покрова юго-востока Европейской России, где широкое распространение получили солонцовые комплексы. Последнее обобщение данных для оценки качественного состояния почвенных ресурсов страны было проведено в 1996 г. на основе материалов обследований 1980-х гг. (Качественная характеристика и культуртехническое состояние земель в Российской Федерации, 1996). За последние 20 лет произошла существенная трансформация структуры землепользования. На юго-востоке Европейской России она выражается в переходе земель в залежное состояние, сокращении площади орошаемых земель и древесных насаждений, перемещении районов выпаса и др. Все это, а также естественные процессы эволюции почв повлекли за собой изменение таких динамичных свойств почв, как засоленность, солонцеватость, кислотно-основные свойства (рН), гумусированность. Эти свойства являются основными, определяющими биопродуктивность почв. Актуализированная информация о состоянии почвенного покрова региона отсутствует.

Со времени проведения последних масштабных почвенных съемок страны произошли коренные изменения и в подходах к картографированию почв. В настоящее время в мире развиваются методы цифрового почвенного картографирования, основанные на компьютерном анализе изображений, автоматизированном дешифрировании снимков, представлении итоговых материалов в формате геоинформационных систем. Проведение новых обследований и оценка почвенных ресурсов страны в настоящее время должны проводиться с учетом научно-технических достижений последних десятилетий.

Солонцовые комплексы в европейской части России приурочены в основном к Прикаспийской низменности и прилегающим к ней Манычской ложбине, Ергенинской возвышенности, южной части Приволжской возвышенности и низменного Заволжья. В административном отношении солонцовые комплексы сконцентрированы в Калмыкии, Волгоградской и Саратовской областях, частично в Ростовской, Астраханской и Оренбургской областях (рис.). Площадь солонцовых ком-

плексов в пределах европейской части России составляет 41 млн. га, а собственно солонцов – 9.4 млн. га (Хитров и др., 2009). Для почв солонцовых комплексов характерно проявление таких свойств, как засоленность, солонцеватость, щелочность (высокий рН, вплоть до появления соды), низкая гумусированность. Картографирование территорий с комплексным почвенным покровом осложнено из-за мелкой контурности почвенных ареалов и контрастности почвенных свойств. Так, в пределах участка площадью 0.25 га (50x50 м) встречаются все варианты почв от сильнозасоленных, слабогумусированных, щелочных солонцов до незасоленных сильногумусированных с нейтральным рН лугово-каштановых почв. Формирование структуры солонцовых комплексов связано с микро- и мезорельефом, не отражающимся на крупномасштабных топокартах и цифровых моделях рельефа. С другой стороны, тесная связь между состоянием растительности (отражающейся на снимках) и почвенными выделами и почвенными свойствами приводит к особой эффективности использования данных дистанционного зондирования для картографирования почвенного покрова юго-востока Европейской России.

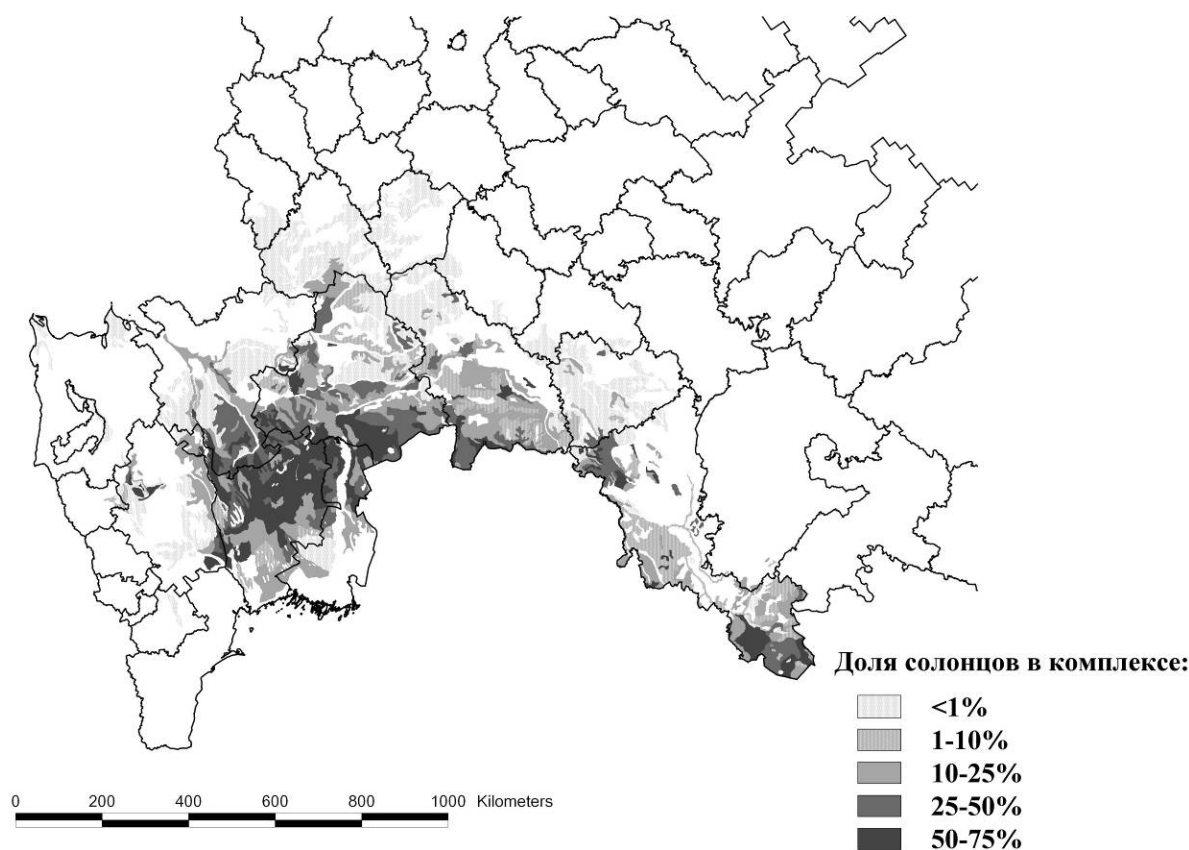


Рисунок. Карта распространения солонцов в пределах европейской части России (составлено Н.Б. Хитровым, Д.И. Руховичем, Н.В. Калининой, Е.С. Крыловой на основе карты засоления почв России м-ба 1:2.5 млн., 2003).

Для территорий распространения солонцовых комплексов в советское время были разработаны методики составления крупномасштабных почвенных карт, основанные на визуальном дешифрировании аэрофотоснимков (Симакова, 1959; Методика составления крупномасштабных почвенно-мелиоративной карты и карты мелиоративной оценки почвенного покрова солонцовой территории, 1985). Как известно, визуальное дешифрирование почв солонцовых комплексов – очень трудоемкая работа. Фактически, карт на большие территории с использованием разработанных методов создано не было. Предлагались различные способы автоматизации дешифрирования аэрофотоснимков солонцовых территорий (Козловский и др., 1975; Козловский, Королук, 1980). Был предложен алгоритм составления детальных почвенных карт на основе полуавтоматического анализа аэрофотоснимков. Однако эта работа не получила продолжения и не оформилась в окончательную методику из-за существующей в то время низкой доступности технических средств для ее более масштабного осуществления.

Благодаря наличию материалов космической съемки очень высокого разрешения и современных компьютерных методов обработки изображения и создания карт, появилась возможность модернизации отечественных подходов к картографированию почв солонцовых комплексов. Нами были разработаны методические подходы к автоматическому дешифрированию космических снимков высокого разрешения для крупномасштабного картографирования почв солонцовых комплексов с учетом характера антропогенного воздействия. В основе разрабатываемых подходов лежит компьютерный анализ детальных космических снимков (с разрешением менее 5 м). Методика включает следующие этапы: (1) дифференциация территории по характеру антропогенного воздействия (целина, пашни орошаемые, пашни богарные, залежи, пастбища, лесополосы); (2) выявление математической связи между спектральными параметрами и почвами на основе полевых исследований на трансектах; (3) автоматическое дешифрирование снимков на основе выявленной связи; (4) автоматизированная генерализация карты по долевого участию компонентов почвенного комплекса. Разработанные подходы были реализованы при картографировании почвенного покрова и засоленности почв района Джаныбекского стационара РАН (Волгоградская обл./Западный Казахстан). Использовался снимок с американского спутника Quickbird (13 сентября 2006 г.) района стационара (65 км²), имеющий пространственное разрешение 2.44 м в многозональном режиме съемки и 11-битное радиометрическое разрешение. Съемка выполнена в четырех зонах спектра: голубой (450–520 нм), зеленой (520–600 нм), красной (630–690 нм) и ближней инфракрасной (760–900 нм). Обработка снимка и составление карт проводились в программе ILWIS 3.6 Open с привлечением программ STATISTICA 6.0, ImageJ 1.42, FracDim 1.3. Для выделения высокочастотной компоненты изображения на снимке и удаления низкочастотной компоненты, привносящей шум и снижающей точность автоматического дешифрирования, была применена Фурье-фильтрация, в результате чего были получены отфильтрованные изображения в каждой зоне съемки. Колебания высокочастотной компоненты изображения происходили в диапазоне до 10 пикселей. Автоматическое дешифрирование почв на снимке проводилось на основе классификационных функций дискриминантного анализа отдельно для каждого из выделенных видов антропогенного воздействия. Обучающая выборка для дискриминантного анализа получена по результатам исследования на трансектах, точно привязанных к изображению на снимке. На основе анализа связи между почвами и их спектральными характеристиками (яркостью отфильтрованных изображений в ближнем ИК, красном, зеленом и голубом каналах съемки и NDVI) выявлялись спектральные показатели, связанные с почвами, которые затем включались в дискриминантный анализ. Было показано, что лугово-каштановые почвы западин диагностируются по повышенным по сравнению с другими почвами значениями вегетационного индекса NDVI, причем они могут быть автоматически выделены при всех видах антропогенного воздействия, кроме лесополос. Солонцы дешифрируются на территориях без перевыпаса по низким значениям отражения в ближней инфракрасной зоне съемки, что обусловлено существованием напочвенного покрова, состоящего из пустынных мхов, лишайников, неразложившейся ветоши. Уничтожение покрова из низших растений при перевыпасе обуславливает слабую степень различия на снимках светло-каштановых почв и солонцов. Таким образом, основными спектральными показателями, связанными с почвами, оказались NDVI и отражение в ближней инфракрасной зоне. Автоматическая генерализация полученной карты дешифрирования снимка проводилась на основе долевого соотношения компонентов почвенного покрова с помощью исполнительных программ для STATISTICA, разработанных Д.Н. Козловым. В скользящем квадрате 15x15 пикселей (~35x35 м) определено доленое участие каждого типа почв. Кластерный анализ методом К-средних позволил выделить группы с близкими значениями долевого участия почв в комплексе.

На основе разработанных подходов была составлена компьютерная крупномасштабная почвенная карта Джаныбекского стационара и его окрестностей с отражением почв и структуры почвенного покрова. На основе карты оценены площади различных типов почв и почвенных комплексов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-00394).

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ТОПО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГИС ЭКОТОННЫХ СИСТЕМ «ВОДА-СУША» КРУПНЫХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

А.В. Кутузов

Институт водных проблем (ИВП) РАН, г. Москва, kutuzov.st@gmail.com, kutuzov@aqua.laser.ru

Долинные водохранилища средней полосы России, ее степной зоны – относятся к сложным и динамичным водным объектам, что обусловлено особенностями климата, типом питания рек, равнинным характером рельефа и являются сравнительно мелководными, что приводит к значительным перемещениям уреза воды, за счет сработки или наполнения водохранилища. Чем крупнее водохранилище, тем значительнее его влияние на окружающую среду и тяжелее негативные последствия, сложнее комплекс природоохранных мероприятий. Многие проблемы остаются нерешенными из-за отсутствия или недостатка данных натуральных наблюдений. Таким образом, возникает потребность в организации специальной географической информационной системы (ГИС) наблюдения и анализа состояния природной среды – основы комплексного мониторинга водохранилищ на базе геосистемного подхода. Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) позволяют охватывать наблюдениями целые регионы практически одновременно и могут значительно сократить затраты на непосредственно полевые исследования. Современная комплексная программа геоэкологического мониторинга водохранилищ должна базироваться на совместном использовании всех методов, дополняющих и информационно поддерживающих друг друга [1].

Объектом исследований являются переходная зона – экотон «вода-суша» побережий крупных равнинных водохранилищ разных биогеографических зон: Рыбинское – подзона южной тайги и Цимлянское – степная зона. Принципиальной структурой экотона – переход «вода-суша» принималось выделение следующих блоков: 1 – аквальный, 2 – амфибиальный (флуктуационный), 3 – динамический, 4 – дистантный, 5 – маргинальный [2].

Рыбинское водохранилище (на территории Вологодской, Ярославской и Тверской областей) – одно из крупнейших в мире по площади водного зеркала. Но средняя глубина его невелика – около 6 м и водохозяйственная сработка уровня воды на 3–4 м, приводит к обнажению мелководий на обширных территориях, сокращая площадь водного зеркала до 1.5 раз. Значительные площади сработки уровня показаны на рисунке 1, созданном на основе ГИС обработки ДДЗ высокого разрешения (спутники Landsat 4–7), в спектре максимального поглощения воды (5 канал). На рисунке, восточнее 37° 30', на полуострове – территория Дарвинского заповедника, созданного для изучения воздействия водохранилища на побережья. Площадь зеркала Рыбинского водохранилища максимальна при нормальном подпорном уровне (НПУ) – 4550 км² и минимальна – при уровне мёртвого объёма (УМО) – минимальный уровень, допустимый в условиях нормальной эксплуатации – 2385 км², согласно проектной документации. На основе имеющихся спутниковых снимков на сезон высокого и низкого уровня стояния вод проведена векторизация контуров водохранилища. Расчеты площадей по полученной векторной модели представлены в таблице 1.

Аналогичные явления временного затопления-осушки значительных территорий характерны для всех равнинных водохранилищ и ярко выражены на пологих берегах, где урез водного зеркала может отодвигаться на несколько километров. Здесь формируется центральная часть переходной зоны – экотона «вода-суша»: флуктуационный и динамический блоки экотона. Полевые исследования, проводимые Лабораторией динамики наземных экосистем на Цимлянском водохранилище [3] (в Волгоградской и Ростовской областях), выявили 3 из 4 наземных блоков этого экотона (рис. 2).

Цимлянское водохранилище относится к числу крупнейших искусственных водоемов России, несколько уступая по ширине разлива лишь Рыбинскому водохранилищу. Максимальная сработка уровня водохранилища составляет 5.0 м. Площадь зеркала НПУ – 2702 км² и УМО – 1885 км². Таким образом, площадь водоема может сокращаться на пиковых значениях в полтора раза, обнажая сотни квадратных километров суши. На песчаных побережьях (Цимлянские пески) даже значительно меньшие сезонные обнажения суши приводили к формированию подвижных песков и формированию дюн [3].

Выделение блоков экотона «вода-суша» основывалось на: данных комплексных (растительность–почва) полевых исследований, анализе ДДЗ по водохранилищу, материалах Росгидромета и Цимлянского отделения бассейнового управления.

Таблица 1. Динамика площади зеркала Рыбинского водохранилища, по данным ГИС обработки спутниковых снимков высокого разрешения (Landsat).

Дата	Площадь водохранилища, км ²	Изменения площади от максимума	БС, м
2000-08-28	3857.99	85 %	100.74*
1979-08-16	3980.78	87 %	100.57*
2005-08-10	4005.24	88 %	101.13
1989-06-03	4037.29	89 %	101.09
Δ масим.	179.30	4 %	0.39

* – Данные рассчитаны по данным за месяц.

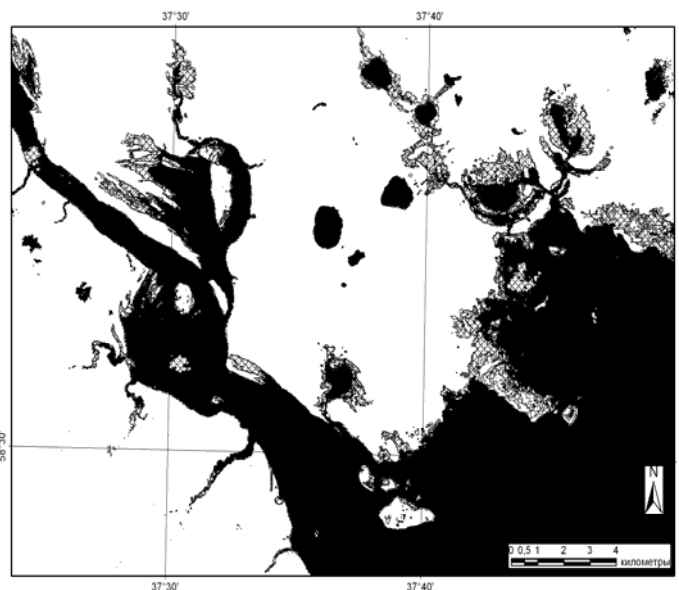


Рисунок 1. Северо-западная часть Рыбинского водохранилища. Штриховка – ежегодно затопляемые территории в сезон высокой воды – май–июнь (табл. 1).

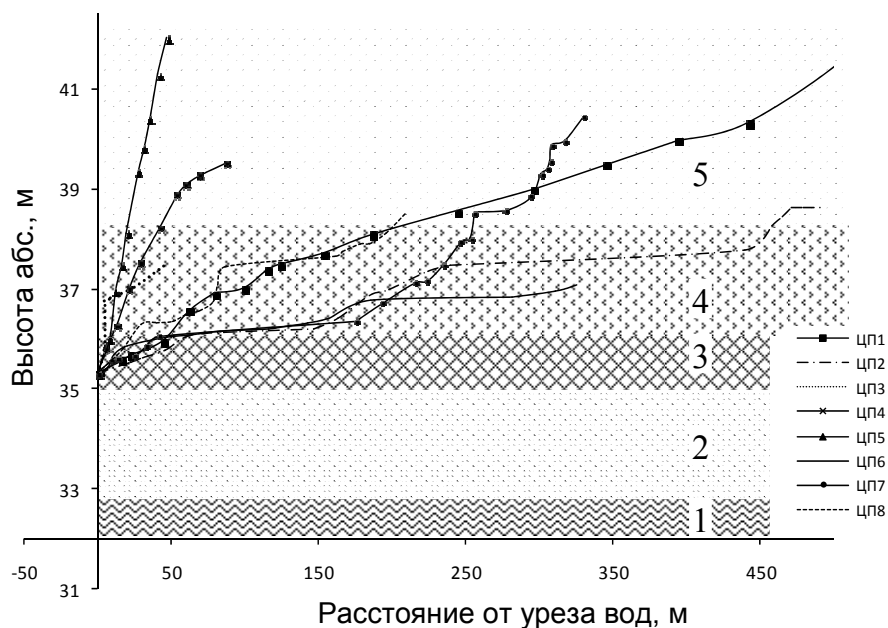


Рисунок 2. Основные типы профилей побережий Цимлянского водохранилища, по данным топо-экологического профилирования (полевые данные). Их расположение в блоках экотона «вода-суша»: 1 – аквальный, 2 – флуктуационный, 3 – динамический, 4 – дистанционный, 5 – маргинальный блоки. ЦП1-8 – цимлянские профили побережий.

Изменение уровня водохранилища оказывает особенно сильное влияние на прибрежную растительность в вегетационный сезон: апрель–октябрь (рис. 3). Для первого блока – *флуктуационного*, характерно ежегодное заливание паводковыми водами на продолжительные сроки (более 250 дней в году) [3], для водохранилища это – зона сработки. Второй блок – *динамический*, может заливаться не каждый год – средняя продолжительность заливания: 75 дней в году. Влияние водоема на прилегающую территорию простирается и за пределами динамического блока через грунтовые воды (ГВ) за счёт подпора их выходов на побережье водохранилища. Сток ГВ может замедляться и даже обращаться, подтапливая прилегающие территории. Отсюда начинается *дистантный* блок, длящийся до границы влияния ГВ, определённой глубиной до 3 м. На этой глубине ГВ ещё доступны большинству растений вследствие капиллярного подъёма воды. Высотные отметки этой границы могут значительно отличаться в разных ландшафтах. В зависимости от литологии почв данного блока – песчаные или глинистые высота капиллярного подъёма колеблется, изменяется граница дистантного блока экотона. За границей доступности ГВ – начинается *маргинальный* блок, динамика растительности в котором, опосредована динамикой в предыдущих блоках экотона, за счёт видов вселенцев. По мере удаления от водохранилища растительность этого блока становится типичной – зональной. Таким образом, верхняя граница этого блока должна быть размыта (рис. 2, 3). Именно отсюда начинается большинство пахотных земель побережья.

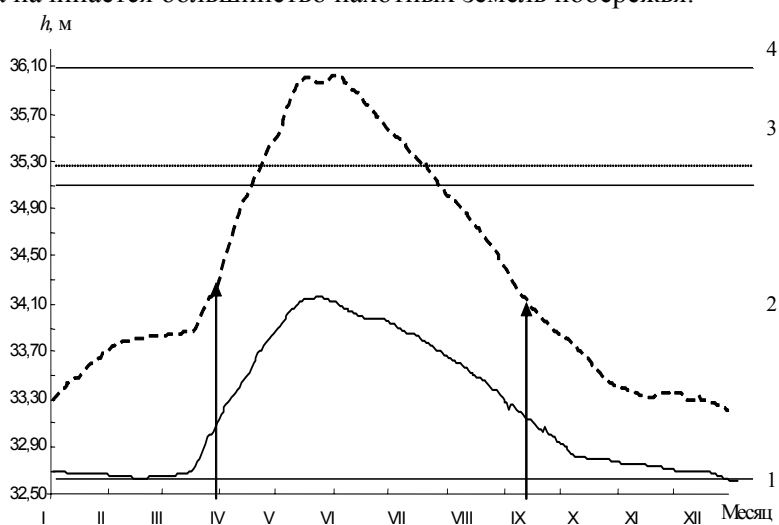


Рисунок 3. График изменения уровня водохранилища за маловодный 1997 (сплошная линия) и многоводные 1994 (и 2004) годы (прерывистая линия). Стрелками ограничен вегетационный период. Горизонтальные сплошные линии – границы блоков экотона вода-суша: 1 – аквальный, 2 – флуктуационный, 3 – динамический, 4 – дистантный. Горизонтальная прерывистая линия – УВ в сезон исследований.

Для анализа структуры и динамики береговых экотонных, продуктивно использование среднemasштабной космосъёмки, которая позволяет получать снимки с периодичностью до двух недель (MODIS Aqua/Terra), при разрешении до 250 м/пиксель. Генетическое (класс объекта) и контурное (очертания) дешифрирование экотонной структуры побережий: экотон «вода-суша» крупных равнинных водохранилищ – требует использование ДДЗ высокого разрешения (Landsat – 15 м). ДДЗ использованных источников (спутниковые снимки разных сенсоров, данные GPS, векторные слои) показали хорошую совместимость для целей мониторинга, обеспечивая основу для выделения блоков экотона «вода-суша» и их комплексной характеристики. При первичной оценке структуры экотона удовлетворительные результаты даёт анализ спутникового снимка в спектре максимального поглощения воды (5 канал для Landsat), без использования вегетационных индексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. М.: Аспект Пресс, 2005. 190 с.
2. Залетаев В.С. Речные поймы как система экотонных // Экосистемы речных пойм: структура, динамика, ресурсный потенциал, проблемы охраны / Под ред. В.С. Залетаева. М.: РАСХН, 1997, С.7–17.
3. Балюк Т.В., Кутузов А.В., Назаренко О.Г. Экотонная система юго-восточного побережья Цимлянского водохранилища // Водные ресурсы. 2007. том 34. № 1. С. 104–112

В системах точного земледелия неизбежно возникает вопрос оперативной и обоснованной оценки агрофизического состояния почв с/х угодий. В ответ на требования времени нами был разработан алгоритм мониторинга дерново-подзолистых почв по агрофизическим показателям с целью оценки состояния почвенно-растительных комплексов [1]. Результатом агрофизического мониторинга является экспериментальная база данных.

Одним из возможных подходов к агрофизической оценке состояния почвенно-растительных комплексов СЗ РФ является сравнение текущих значений физических параметров почв, полученных агрофизическим мониторингом, с оптимальными значениями диагностических показателей с/х используемых дерново-подзолистых почв. В этом случае удобно использовать комплексные показатели, которые позволяют характеризовать не отдельное свойство почвы, а агрофизическое состояние почв в целом [2]. Агрофизическая оценка состоит в определении индекса физического состояния (ИФС) как среднего геометрического отношений реальных (экспериментально определённых) значений физических свойств (X_1, X_2, \dots, X_n) к оптимальным физическим свойствам почвы ($X_{1\text{ опт}}, X_{2\text{ опт}}, \dots, X_{n\text{ опт}}$):

$$\text{ИФС} = \left(\frac{X_1}{X_{1\text{ опт}}} \times \frac{X_2}{X_{2\text{ опт}}} \times \dots \times \frac{X_n}{X_{n\text{ опт}}} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

где n – число агрофизических параметров, X и $X_{\text{ опт.}}$ – соответственно текущее и оптимальное значение физического показателя для данной почвенной группы.

В общем случае зависимости между урожайностью с/х культур и физическими свойствами почв имеют параболический характер. Оптимум физического состояния почвы для формирования устойчивого урожая сельскохозяйственных культур лежит в узком диапазоне. На графике параболической зависимости урожая сельскохозяйственных культур от конкретного физического свойства почвы этот диапазон ограничен «слева» и «справа» неблагоприятными (критическими) физическими состояниями для произрастания растений. Поэтому, наряду с использованием ИФС для оценки физического состояния почв мы предлагаем рассчитывать нормализованный индекс физического состояния почв. Нормализованный индекс физического состояния почв (обозначим его как ИФС₀) рассчитывался нами как среднее геометрическое относительных агрофизических индексов для каждого из выбранных физических показателей по аналогии с расчётом относительных агрохимических индексов:

$$X_{\text{ опт.}} = \frac{X_{\text{ факт.}} - X_{\text{ мин.}}}{X_{\text{ опт.}} - X_{\text{ мин.}}} \quad (2)$$

$$\text{ИФС} = (X_{\text{ опт.}_1} \times X_{\text{ опт.}_2} \times \dots \times X_{\text{ опт.}_3})^{\frac{1}{n}}$$

где $X_{\text{ факт.}}$ – фактическое значение показателя $X_{\text{ мин.}}$ и $X_{\text{ опт.}}$ – соответственно, минимальное и оптимальное значение показателя физических свойств данной почвенной группы.

По аналогии с агрохимическим индексом окультуренности почв, введём также понятие агрофизического индекса окультуренности почв как суммы относительных индексов физического состояния:

$$\text{ИФК} = (I_{x_1} + I_{x_2} + I_{x_3} + I_{x_4}) \quad (3)$$

Для расчётов индекса окультуренности и нормализованного индекса физического состояния почв используют расчёт относительных индексов (по уравнению 2). Для расчёта относительных индексов физического состояния почв взяты оптимальные, минимальные и текущие средние значения физических параметров

В западной научной литературе комплексная агрофизическая оценка пригодности почвы для развития и роста растений объединяет водоудерживающую способность почвы, сопротивление пенетрации и почвенную аэрацию [3]. Очевиден выбор основных физических параметров почв для мониторинга.

Комплексная оценка состояния почвенно–растительных сообществ складывается из следующих оценок:

1. Геоморфологическая оценка почвенного покрова территории (по ключевым точкам) выделение ЭПА и технологических контуров;
2. Оценка состояния посева или естественной (разнотравной) растительности, производится органолептическими и оптическими методами в течение сезона. В случае исследования лугопастбищных хозяйств необходима оценка преобладающего растительного сообщества по траверсам и степени выпаса крупного рогатого скота (КРС). По степени выпаса принимается 5 градаций;
3. Мониторинг агрофизических свойств почв в течение сезона.

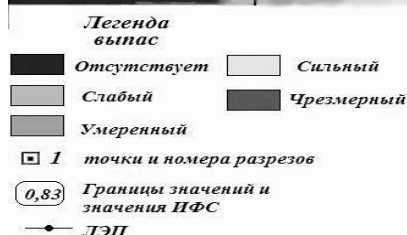
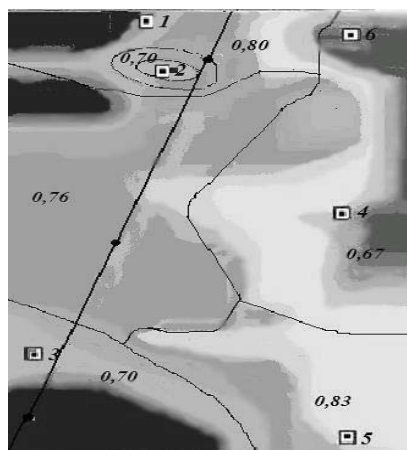


Рисунок. Картограмма степени выпаса КРС и ИФС почв

Рассмотрим в качестве примера результаты агрофизического мониторинга с/х земель опытно производственного хозяйства (ОПХ) «Суйда» в течение сезона 2010 г.

В ходе полевых и лабораторных исследований были установлены оптимальные и минимальные значения физических параметров почв исследуемого участка с/х угодий ОПХ «Суйда». На основе оптимальных и текущих значений физических параметров почв рассчитывался ИФС. При помощи программы MapInfo версия 8.5 rus составлена картограмма степени выпаса КРС и индекса физического состояния почв (рис.).

Исследуемые с/х угодья представляли собой пастбище, на котором осуществлялся выпас крупного рогатого скота (КРС). Описание растительных сообществ пастбища и степени выпаса производилось по траверсам и дополнительным ходам путём непосредственных наблюдений в течение сезона. Встреченные сообщества и степень выпаса представлены в таблице 1. Составлена картограмма степени выпаса КРС на исследуемом объекте по пятибалльной системе. Из представленных материалов прослеживается тесная связь между состоянием растительного сообщества и физическими свойствами почв.

Очевидно, что сильный выпас крупного рогатого скота (КРС) определяет неблагоприятное физическое и гидрофизическое состояние гумусовых горизонтов почв. Чем выше величина ИФС, тем благоприятнее физическое состояние почвы.

Таблица. Описание растительных сообществ, степени выпаса КРС и величины ИФС.

Разрез №	Растительное сообщество	Состояние	Выпас	ИФС
1	Злаково-осотовое сообщество,	превосходное	слабый	0.81
2	Осотовое сообщество	превосходное	слабый	
3	Камышово-осоковое сообщество	среднее	слабый	0.70
4	Разнотравное сообщество	плохое	сильный	0.67
5	Осоково-разнотравное сообщество	хорошее	средний	0.83
6	Осотово-разнотравное сообщество	хорошее	средний	0.81

Предлагаем использовать ИФС в качестве критерия оценки оптимального физического состояния почв.

Высокая пространственная неоднородность физических свойств почв требует широкого внедрения новых способов обобщения и хранения первичной агрофизической информации, а именно, построения электронных банков данных. В этом направлении нами предприняты первые шаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Балаиов Е.В., Моисеев К.Г.* Нормативы оценки оптимизации физических параметров почв, обеспечивающие совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевых и регулируемых условиях. СПб., 2009, 22 с.
2. *Медведев В.В. и др.* Критерии оценки пригодности земель Украины для возделывания зерновых культур // Почвоведение. 2002. № 2. С. 75–78.
3. *Letey J.* Relationship between soil physical properties and crop production // Adv. Soil Sci. 1985. № 1. P. 277–294. (на английском)

УДК 631.44.001.53

ПОЧВЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕЛАРУСИ

Д.В. Матыченко¹, В.В. Северцов²

¹РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, soil@tut.by

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, soil-soligorsk@tut.by

Необходимость создания доступных источников информации о почвах и почвенном покрове, отражающих реальную ситуацию и отвечающих современным требованиям потребителей, назрела уже давно, а в последнее время стала востребована особенно остро. Почвы Беларуси к настоящему времени разносторонне исследованы, картографированы в разных масштабах и охарактеризованы для различных целей. То есть у нас в республике имеется огромный объем различной информации, требующей объединения в единую систему, которая была бы связующим звеном между различными типами данных о почвенном покрове и явилась источником необходимых данных о почвах на разных уровнях обобщения и востребована для различных целей.

Для решения этих задач в течение ряда лет в республике создается Почвенная Информационная Система Беларуси (ПИСБ). ПИСБ – это компьютерная база пространственно-координированных и атрибутивных количественных и качественных данных их состояния на определенный момент времени, сопряженная со специальным программным обеспечением и техническими средствами, предоставляющими возможность их ввода, хранения и интерпретации.

Она строится на основе следующих принципов:

- целевое использование: геоинформационная система характеристики почвенного покрова создается с целью использования её данных в различных отраслях народного хозяйства;
- равноуровневая структура обобщения: имеющаяся в республике картографическая разномасштабная традиционная инвентаризация почв, обеспеченная богатейшим аналитическим материалом, позволяет создать равноуровневую компьютерную инвентаризацию информации о почвенном покрове;
- охват всей пестроты почвенного покрова: в основу создания информационной системы характеристики почвенного покрова республики должна быть положена сеть разрезов, характеризующая все разнообразие компонентного состава почвенного покрова Беларуси. То есть расположение разрезов не должно носить шаговый характер, а осуществляться с учетом пространственного варьирования факторов почвообразования;
- строгая координатная привязка каждого почвенного разреза (профиля) и, по возможности, полный набор морфологических, морфометрических и аналитических показателей свойств почв, выполненных общепринятыми методами;
- ранжирование показателей на разных уровнях обобщения: каждый параметр базы данных на разных уровнях обобщения должен характеризоваться с различной степенью детальности;
- соподчиненность ранжированных показателей: система ранжирования свойств должна быть соподчинена при переходе от уровня к уровню;
- открытость уровней: база различных уровней обобщения должна быть открытой для обновления данных.

ПИСБ является уровневой системой, построенной на основании административно-территориально-хозяйственном делении республики, что облегчает использование инвентаризированной информации в практических целях.

Первым уровнем организации информационной почвенной системы является республиканский. Его основу составляет почвенная карта Беларуси масштаба 1:1 250 000. Здесь наибольшее влияние имеет макрорельеф, общая характеристика территории, основные почвообразующие породы, их генезис, гранулометрический состав, а также характер водного питания. Важным фактором на этом уровне обобщения становится и климатический, обуславливающий общую экологическую характеристику почвенно-экологических районов республики. Составной частью ПИСБ на уровне республики является база данных репрезентативных профилей (108 профилей почв, охарактеризованных 107 полями записей).

Вторым уровнем организации информационной системы является уровень области. Путем синтеза точечной информации о почвенных профилях и почвенной карты масштаба 1:200 000 создаются различные варианты растровых карт и картограмм, которые позволяют охарактеризовать почвенный покров области. В качестве атрибутивной составляющей на 2-ом уровне выступают статистически обработанные данные компонентного состава почвенного покрова, позволяющие аппроксимировать свойства отдельных почвенных разрезов или их горизонтов на большую территорию, которые могут в достаточной степени достоверности охарактеризовать почвенный покров территории.

Третьим уровнем организации информационной системы является уровень административного района. Пространственную основу этого уровня составляет почвенная карта района масштаба 1:50 000. На этом уровне уже имеется возможность более детально показать свойства каждой разновидности почв. Данный уровень организации информационной почвенной системы часто является наиболее востребованным при планировании и организации сельскохозяйственного производства.

Четвертым уровнем организации информационной системы является уровень сельскохозяйственного предприятия (СПК). Пространственную основу этого уровня составляет крупномасштабная почвенная карта масштаба 1:10 000, а атрибутивную – секция почвенного выдела, секция почвенного профиля и секция горизонтов.

Самым низким (пятым) уровнем организации почвенной информационной системы Республики Беларусь является отдельный рабочий участок, представленный, по возможности, одной почвенной разновидностью и характеризуемый репрезентативным (репрезентативными) почвенным разрезом (разрезами).

К настоящему времени ПИСБ создана на первом уровне обобщения, 2-ой уровень представлен Гомельской областью, 3-ий – Солигорским районом, 4-ый – СПК «Большевик-агро» Солигорского района, 5-ый – отдельными рабочими участками (М 1:2000) СПК «Новополесский» Солигорского района.

Основное предназначение ПИСБ – это компьютерная инвентаризация всей информации о почвах, находящейся в разных источниках и на различных уровнях обобщения, и ее научно-прикладной анализ для использования в конкретных целях.

УДК 631.47 (571.62)

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ПРИАМУРЬЯ)

Л.А. Матюшкина

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, lira@ivep.as.khb.ru

Вклад, который вносят почвенно-экологические условия в состояние и качество городской среды, определяется степенью урбанизации территории, т.е. степенью преобразований поверхностного покрова под влиянием технических воздействий, хозяйственно-бытовой и рекреационной деятельности городского населения. Отображение почвенно-экологических условий (ПЭУ) города на картах позволяет «с одного листа» получить информацию не только о состоянии городских почв и субстратов, но и о характере и распространении факторов антропогенной нагрузки. Эта информация в современных городах крайне востребована административными и исполнительными органами для решения задач планирования городской территории и выбора приоритетов в разработке конкретных мер по улучшению экологической обстановки как в городе в целом, так и в отдельных его районах. Карты ПЭУ, также как другие тематические карты экологической направленности,

создают основу развития природоохранной деятельности, организации и проведения мониторинга состояния городской среды.

Первая попытка автора настоящего сообщения отразить на карте размещение и особенности городских почв была сделана для Хабаровска – крупного промышленного центра Приамурья. В 2006–2007 г.г. подобные работы были предприняты для Биробиджана – среднего промышленного города, административного центра Еврейской автономии на юге Дальнего Востока. Карты ПЭУ этих городов составлены в масштабе 1:25000 традиционным способом и оцифрованы с применением программного обеспечения GeoGraph и MapInfo в ИВЭП и ИКАРП ДВО РАН.

Систематизация всего разнообразия почв, почвоподобных и техногенных образований проводилась с учетом разработок М.Н.Строгановой, М.И.Герасимовой и соавторов на основе анализа взаимосвязей городских почв с другими элементами городских экосистем. Легенды карт почвенно-экологических условий Хабаровска и Биробиджана имеют одинаковую структуру и сходное содержание. Это обусловлено сходством условий формирования почв в этих городах. Легенды включают 4 раздела, соответствующие выделенным экологическим группам городских почв: 1 – естественные (условно) не нарушенные почвы природных экосистем; 2 – естественные нарушенные почвы антропогенно-природных экосистем; 3 – антропогенные глубоко преобразованные почвы природно-антропогенных экосистем (урбанозем); 4 – техногенные поверхностные образования (ТПО), не являющиеся почвами в принятом понимании, соответствуют техногенным ландшафтам.

Исторические центры Хабаровска и Биробиджана, городские районы, насыщенные хаотичным сочетанием промышленных, инженерно-коммуникационных и т.п. зон и современной многоэтажной жилищной застройкой, испытывают одновременное влияние самых различных антропогенных факторов. Почвенно-экологические условия здесь крайне изменчивы едва ли не в каждой точке. Поэтому на интенсивно застроенных территориях почвы показаны в виде урбопочвенных комплексов (УПК). Выделено 3 типа УПК, различающихся историей и характером освоения, хозяйственно-функциональной структурой и, как следствие, процентным соотношением площадей входящих в их состав поверхностно-нарушенных, глубоко-преобразованных почв и ТПО. Природные почвы в УПК практически отсутствуют или “встроены” небольшими участками в общий техногенный фон (урботехноземов).

В целом выделено 25 картографических единиц для Хабаровска и 23 – для Биробиджана. Легенды построены в форме таблиц, в которых систематизированы сведения о рельефе, почвообразующих породах и растительности. Относительное единство содержания карт ПЭУ Хабаровска и Биробиджана и согласованность картографических единиц позволяет сопоставлять и сравнивать их пространственные и другие характеристики. Карты ПЭУ Хабаровска и Биробиджана использовали как базовые для составления картосхем состояния экологических функций почв на территориях этих городов.

Осознанию вклада почв в общую экологическую ситуацию способствуют представления об экологических функциях почв в биосфере и экосистемах, активно развиваемые в последние годы. «Здоровые» природные и мало нарушенные почвы, сохраняющие свои естественные свойства, а следовательно экологические функции, имеют неопределимое значение и в регулировании условий среды проживания городского населения. Однако градостроительные преобразования лишают почвы плодородного слоя, обуславливают выход глуболежащих не плодородных горизонтов на поверхность, способствуют развитию процессов подтопления, заболачивания, водной эрозии, накопления разнообразных техногенных продуктов, снижению содержания доступных растениям элементов питания. Нарушенные почвы, особенно с открытой поверхностью, увеличивают количество пыли в городском воздухе, изменяют условия самоочищения городских ландшафтов, ухудшают состояние зеленых насаждений и способствуют их болезням. Все это отражается на экологических функциях городских почв.

Почвы, пораженные техногенными влияниями, могут выполнять и выполняют в городе определенные хозяйственные функции, но их экологические функции ослаблены или утрачены полностью. В городах особенно необходима объективная, в том числе картографическая, оценка состояния экологических функций городских почв. Это представляется достаточно сложной задачей. Первоначально ее решение возможно на основе выбора определенного критерия оценки состояния экологических функций почв. Таким критерием был выбран морфологический критерий, так как наиболее полное осуществление почвами экологических функций возможно только при целостно-

сти почвенного профиля. При таком подходе было принято, что степень нарушенности профиля почвы определяет и степень нарушенности ее экологических функций.

На основе картометрического анализа контуров и соответствующих им морфотипов почв была сделана попытка зонирования территорий Хабаровска и Биробиджана по степени нарушенности экологических функций почвенного покрова. Составленные схемы показывают пространственное соотношение площадей городских почв с сохраненными, частично сохраненными и полностью утраченными экологическими функциями. На территории Хабаровска это соотношение сильно сдвинуто в сторону почв с полностью утраченными экологическими функциями. Их площадь составляет 52 % от всей площади города. В то же время в Биробиджане площадь почв с полностью утраченными экологическими функциями составляет только 14 %. Площади почв с полностью сохраненными экологическими функциями в Хабаровске и Биробиджане составляют 7(!) и 54 % соответственно. Выделенные почвенно-экологические зоны неоднородны по своей структуре, т.е. включают почвы, экологические функции которых различаются по объему и качеству. Так, в пределах зон с полностью сохраненными экологическими функциями почв выявлены почвы с высоким экологическим потенциалом и особой экологической значимостью. Это бурые лесные почвы дубовых лесов Львовских, Воронежских и других высот Хабаровска и низкогорного массива на юго-западе Биробиджана. Они вносят существенный вклад в благоприятные экологические условия и оздоровление городской среды. С другой стороны, в зоне с полностью утраченными экологическими функциями в пределах городской черты Хабаровска и Биробиджана неуклонно увеличивается распространение ТПО – открытых отвалов природных и техногенных грунтов, карьерных выработок, золоотвалов, промышленных отходов и свалок ТБО. А почвы долин Черной речки, Березовой, Красной речки Хабаровска представляют собой практически начало формирования местных геохимических аномалий.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РОЛЛ (второй раунд, проект № 021-16/2) и ДВО РАН (проект № 06-III-A-09-389).

УДК[311:33](075.8)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ И ПЕРСПЕКТИВА ОХРАНЫ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.А. Межецкая

Филиал ФГОУ ВПО «Уральский государственный университет физической культуры» –
Башкирский институт физической культуры, г. Уфа, mezta@bk.ru

Необходимость государственной заботы об охране природы, всей окружающей среды обуславливает проведение мероприятий по совершенствованию всех видов деятельности, связанных с природопользованием. Такая деятельность невозможна без надежной системы информационного обеспечения, основой которой является государственная статистика, а конкретно одна ее из подсистем – статистика окружающей среды.

Объектом изучения статистики окружающей среды в данной работе является гора Ирмель – вторая по высоте гора Уральских гор (1870 м над уровнем моря). Данный объект уникален по высоте и находится под охраной общества защитников горы Ирмель (г. Челябинск). Несомненно, защита такого уникального объекта требует использования новейших информационных технологий.

Уникальность предлагаемого метода информационного обеспечения состоит в том, что количественная сторона процессов в области взаимоотношений природы и людей (загрязненность среды в абсолютных единицах, запасы подземных вод и т.д.) сочетается с экологическим туризмом, который предусматривает внесение в персональный компьютер атрибутивных признаков по типу «Да – Нет».

Основные показатели, комплексно характеризующие все компоненты объекта разработаны НИИ ЦСУ совместно с кафедрой статистики экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Использование информационных технологий позволяет сделать прогноз о состоянии объекта на ближайшие 5–50 лет с достоверной вероятностью 0.95.

Нами был использован метод исследования, анализа и прогнозов с помощью корреляционно-регрессионной модели с дополнительным введением качественных признаков.

При многофакторном регрессионном анализе в уравнение включались неколичественные факторы. Каждые две недели кафедра туризма Башкирского физкультурного института направляла группу туристов, в которую входили и альпинисты, для сбора мусора по всему маршруту. Этот факт включался в модель следующим образом: наличие неколичественного фактора у единиц совокупности (туристов) обозначался единицей, его отсутствие – нулем, т.е. вводили так называемую фиктивную переменную $U = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$. Если таких переменных, или градаций неколичественного фактора несколько, в уравнение регрессии вводится несколько фиктивных переменных.

Пусть имеются три количественных фактора, комплексно характеризующие состояние горы Ирмель и три природные зоны:

I – нижняя часть горы, покрытая хвойным лесом (всего 500 метров, из них 300 метров можно проехать на транспорте);

II – средняя часть горы (1000 метров, маршрут проходит только по тропам);

III – вершина горы (~370–400 метров, маршрут проходит только по камням и скалам).

В компьютер вводятся переменные в порядке их принадлежности к той или иной зоне (табл.).

Линейное уравнение регрессии будет иметь вид:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4u_1 + b_5u_2$$

Величина коэффициента b_4 означает, что все единицы II зоны при тех же значениях количественных факторов, как и единицы I зоны, будут в среднем иметь значение \hat{y} на b_4 больше (или меньше если $b_4 < 0$), чем единицы совокупности I зоны. Величина b_5 означает то же для единиц совокупности III зоны.

Таблица. Количественные и качественные переменные модели.

Зоны	Результативный признак y_i	Количественные факторы			Фиктивные переменные	
		x_1	x_2	x_3	u_1	u_2
I	y_1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	0	0
	y_2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	0	0
	·	·	·	·	·	·
	·	·	·	·	·	·
	y_{n_1}	x_{1n_1}	x_{2n_1}	x_{3n_1}	0	0
II	y_{n_1+1}	x_{1n_1+1}	x_{2n_1+1}	x_{3n_1+1}	1	0
	·	·	·	·	·	·
	$y_{n_1+n_2}$	$x_{1n_1+n_2}$	$x_{2n_1+n_2}$	$x_{3n_1+n_2}$	1	0
III	$y_{n_1+n_2+1}$	$x_{1n_1+n_2+1}$	$x_{2n_1+n_2+1}$	$x_{3n_1+n_2+1}$	0	1
	·	·	·	·	·	·
	$y_{n_1+n_2+n_3}$	$x_{1n_1+n_2+n_3}$	$x_{2n_1+n_2+n_3}$	$x_{3n_1+n_2+n_3}$	0	1

Иначе говоря, мы получили сразу три зональных регрессионных модели:

I: $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3; (u_1=0; u_2=0);$

II: $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4u_1; (u_2=0);$

III: $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4u_2; (u_1=0).$

С помощью данного метода можно измерять влияние уровня загрязненности, вносимого человеком, на общий уровень загрязненности окружающей среды.

Принципы преподавания математической статистики в почвоведении, заложенные Е.А. Дмитриевым в начале 70-тых годов, до сегодняшнего дня остаются неизменными:

- изложение материала доступным для почвоведов и экологов языком;
- из лекционного материала опускаются сложные математические выкладки;
- основное внимание уделяется условиям применимости методов и интерпретации получаемых результатов;
- решаемые студентами задачи базируются на реальных данных;
- преподавание статистики целесообразно проводить не ранее 4-го года обучения, когда студенты уже обладают знаниями в предметной области и способны качественно усвоить материал.

В последние десятилетия в почвоведении и экологии появились новые тенденции:

- произошло увеличение относительной стоимости получения первичных данных, то есть повсеместно наблюдается ограничение полевых исследований. Следствием этого явилось уменьшение полевых практик и ограничение в получении собственных данных;
- наблюдается бурное развитие методов обработки пространственно-распределённых данных, повышение доступности данных дистанционного зондирования, появилось и успешно развивается имитационное моделирование природных процессов. Как следствие, все чаще студенты выполняют такие работы, как создание тематической базы данных, разработка информационного обеспечения для ГИС или уточнение уже имеющихся карт по космическим снимкам и т.п.

Все это приводит к тому, что в курс статистики необходимо вводить элементы мета-анализа, а геостатистику выделять как самостоятельный предмет.

В настоящее время в России происходит модернизация высшего образования в рамках Болонского процесса, цель которого – сближение и гармонизация систем образования стран Европы. Высшее образование делится на 2 части: более общую (бакалавриат) и специализированную (магистратура). Преподавание статистики и геостатистики должно захватывать обе эти части. Особенностью обучения магистров должна являться практическая направленность на конкретную специализацию. Этого можно добиться, если каждый студент будет работать с индивидуальным набором данных (своим вариантом), содержащим набор задач, соответствующий выбранной специализации.

Лекционные и семинарские занятия по статистике должны сопровождаться компьютерным практикумом. По окончании выполнения каждой практической работы создается отчет. Эти отчеты сшиваются в единый документ, который служит своеобразным пособием для выполнения студентами дипломных работ и магистерских диссертаций.

Болонский процесс предполагает сокращение времени, отводимого на лекции, и значительное увеличение времени самостоятельных занятий студентов. В связи с этим лекции носят обзорный характер и должны сопровождаться интерактивным учебником. Той же цели служит и поощрение студентов, использующих личные компьютеры для выполнения практических заданий. Для этого подготавливается специальный пакет документов (интерактивный практикум).

Хорошо зарекомендовал себя контроль усвоения лекционного материала, он повышает явку студентов на лекции и дает преподавателю возможность контролировать усвоение материала. Две из возможных форм его проведения – в виде простых тестов (1–2 вопроса), выполняемых студентами в начале и/или в конце лекции или в виде отчета на 1 стр., состоящего из 7–10 вопросов и выполняемого в течение лекции.

СИСТЕМНЫЕ КАРТЫ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ –
ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВ

А.А. Никифорова¹, М.Э. Флейс², М.М. Борисов²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, nikifsoil@mail.ru

²Институт географии РАН, Москва, maria@geocnt.geonet.ru

Сформулированы основные принципы агроэкологической оценки почв:

1. Объектом оценки являются почвы, рассматриваемые одновременно как один из природных компонентов ландшафтов-систем* и результат взаимодействия этих компонентов.
2. При оценке учитываются свойства всех природных компонентов ландшафтов-систем.
3. Информационной основой оценки является системная карта природных условий, интегрирующая данные о наиболее устойчивых свойствах природных компонентов, определяющих среду обитания сельскохозяйственных растений и способы ее оптимизации.
4. Почвы оцениваются по агроэкологическим возможностям их использования и улучшения.
5. Результат оценки оформляется в виде оценочной почвенной карты, являющейся производной от системной карты природных условий.

*Ландшафты-системы – элементарные структурные единицы ландшафтной оболочки Земли. Понятие введено для того, чтобы отличать ландшафты-системы от ландшафтов-ПТК (природных территориальных комплексов).

Принципы агроэкологической оценки почв апробируются в региональном масштабе на примере Саратовской области.

Системная карта природных условий Саратовской области создается на основе максимально возможного количества картографических и текстовых источников. В настоящее время к работе привлечено около 50 карт: геоморфологических, гипсометрических, геологических, четвертичных отложений, почвообразующих пород, почвенных, растительности, земельных угодий и др. Одной из базовых карт является Карта природно-мелиоративного районирования Саратовской области масштаба 1:500 000, составленная Приволжгипроводхозом в рамках Схемы развития мелиорации и водного хозяйства СССР Минводхоза СССР на период до 2000 г.

Работа с данными проводится главным образом в программной среде ГИС ГеоГраф 2.0.

В качестве базовой проекции выбрана коническая равнопромежуточная проекция Красовского с осевым меридианом 40 градусов восточной долготы. Выбор осевого меридиана связан с тем, что полученные результаты планируется распространить на Черноземную зону Европейской России. Географическая основа для привязки тематического содержания соответствует созданной для тематических карт бланковой карте масштаба 1:1 500 000. Для расширения возможности привязки тематической информации используются также топографические карты более крупных масштабов – 1:500 000, 1:100 000.

Карта создается на тематическом геоинформационном светостоле, под которым понимается система векторных и растровых слоев, приведенных к единой системе координат, дополненных атрибутивной информацией и представленных в определенной программной среде. При этом, для оптимизации процесса создания карты, легенды традиционных бумажных карт преобразуются в квазилегенды – точечные слои, привязанные к трансформированным в базовую систему координат растровым изображениям карт. В таблицы точечных слоев вносится вся информация о свойствах природных компонентов, содержащаяся в легендах карт традиционного вида, а также сведения из литературных источников, дополняющие эти легенды или являющиеся их продолжением.

Системная карта природных условий Саратовской области представляет собой основной (интегральный) векторный слой создаваемой географической базы интегрированных данных. Карта отображает ландшафты-системы различных иерархических уровней и взаимосвязь наиболее устойчивых свойств их природных компонентов: зонального растительного покрова; ярусности, форм и генетических типов макрорельефа в связи с геологическим фундаментом; генезиса, литологического и гранулометрического составов почвообразующих и подстилающих пород; глубины залегания и химического состава грунтовых вод; генетических групп почв; химизма засоления почв.

Производными слоями базы данных являются векторные слои отдельных свойств природных компонентов, которые в сочетании с географической основой могут быть оформлены как тематические карты. Все слои связаны между собой одной (общей для всех слоев) легендой, в основу ко-

торой положена иерархическая генетическая классификация ландшафтов-систем для целей сельского хозяйства. Расширение классификации позволит перейти на локальный уровень оценки почв.

Для отображения иерархии границ свойств природных компонентов создается линейный слой с легендой, содержащей информацию о типах границ. Данный слой накладывается на полигональные слои данных.

Для каждого минимального выдела системной карты природных условий устанавливаются агроэкологические возможности использования неэрозионно- и эрозионноопасных почв под пашню, естественные, улучшенные и культурные сенокосы и пастбища, плодовые сады и ягодники (в условиях естественного водного режима и после мелиорации), а также гидротехнические, агромелиоративные, агрономические, культуртехнические и противоэрозионные мероприятия необходимые для повышения качества почв. На основе анализа требований сельскохозяйственных культур к климатическим и почвенно-литологическим условиям определяются их перечни для промышленного возделывания в сево-, садо- и ягодооборотах. При этом, чем шире возможности использования почв и меньше объем необходимых мелиоративных мероприятий, тем выше качество почв. Низшая оценка присваивается почвам непригодным для сельскохозяйственного использования, мелиорация которых признается нецелесообразной. Почвы с одинаковыми агроэкологическими возможностями использования и улучшения объединяются в агроэкологические группы, которые затем ранжируются.

Результат анализа агроэкологических возможностей использования и улучшения почв представляется в виде оценочной классификации почв и оценочной почвенной карты.

Концепция и геоинформационные технологии создания системных карт природных условий и оценочных почвенных карт во многом отработаны на примере традиционной бумажной Агроэкологической почвенно-мелиоративной карты Нечерноземной зоны Европейской России масштаба 1:1 500 000 (издана в 2006 г.) и оцифрованной рукописной Почвенно-мелиоративной карты Черноземной зоны Европейской России масштаба 1:1 500 000 (главный редактор карт Ф.Р. Зайдельман).

Создаваемая системная карта природных условий Саратовской области отвечает основным принципам почвенной картографии, сформулированным В.В. Докучаевым, который писал: «...Россию необходимо разбить на такие естественноисторические районы, которые нам пригодятся не только для оценки земель, но и для решения вопроса о поднятии сельскохозяйственной культуры. Далее, когда это будет сделано, на этой основе нужно будет вести сельскохозяйственные и экономические исследования; здесь можно разделить Россию на какие угодно районы. Зная почву, воды, климат, возможно будет строить исследования на прочном основании, а не на постоянно изменяющихся признаках» (Об естественноисторическом методе исследования почв, 1895). При этом основоположник науки о почвах видел необходимость «составлять почвенные карты с отображением факторов почвообразования», «показывать подпочвы», «изображать рельеф горизонталями» (по Герасимовой М.И. и др., 2010, с.8). Однако до настоящего времени докучаевские принципы не реализовывались в полной мере, в том числе и по чисто техническим причинам – из-за сложности отображения большого объема информации на бумажных картах без потери их читаемости.

УДК 631.471

**ЦИФРОВЫЕ КАРТЫ ПОЧВ, КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И РЕЛЬЕФА
АГРОЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА
АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И
ПРЕЦИЗИОННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПРИАМУРЬЯ**

В.С. Онищук, А.Н. Панасюк, А.В. Онищук, Д.В. Бурлаков, Ю.Г. Аверьянов
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Благовещенск

Амурская область занимает верхнюю и среднюю часть Приамурья Дальнего Востока России. Земледелие на её территории сосредоточено на Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнинах.

Для развития и внедрения точного (прецизионного) земледелия используются современные ГИС-технологии, в том числе такие как создание цифровых почвенных и климатических карт, а также построение моделей рельефа территории.

Разрабатываются компьютеризированные средства информационно-поискового земельного ресурсного блока и автоматизированной базы данных оценки природных системообразующих факторов для агроландшафтной дифференциации территории Амурской области, мониторинга и совершенствования зональной системы технологий и машин.

Ландшафтная информация состоит из современных сведений о почвенном покрове, рельефе земледельческой территории области, агроклиматических ресурсах, гидрологических условиях территории. Сведения о почвах включают: электронные почвенные карты среднего и крупного масштабов с их номенклатурой и классификацией; диагностику почв; запасы и баланс гумуса; эрозию почв и эрозионное районирование; бонитет почв и оценку их экологического состояния. Сведения о рельефе содержатся в разработанных трёхмерных моделях рельефа для ряда территорий Амуро-Зейской равнины Амурской области. Сведения об агроклиматических ресурсах включают СУБД, бонитет климата, биоклиматический потенциал и карту агроклиматического районирования территории области.

Разработана и апробирована методика составления цифровых электронных карт почв, природно-сельскохозяйственного районирования, бонитировки почвенных и климатических ресурсов районов и области (М – 1:200 000). Она включает в себя пять этапов. Работа проводится в растровом графическом режиме с использованием стандартных графических приложений Microsoft Paint и Adobe Photoshop. Цифровая карта эродированности и эрозионного районирования земель сельскохозяйственной территории Амурской области М – 1:300 000, составлена по аналогичной методике.

Разработана методика построения карт 3D рельефа и оценки рельефа районов Амурской области, она включает 5 этапов. По этой методике изготовлены цветные цифровые векторные карты в М – 1:6300 и 1:10000. Использована программа ArcGIS 9.0 в векторном режиме. При помощи этой программы были также составлены карты климатического районирования Амурской области за период наблюдений с 1974 по 2006 гг. и по 10-летним циклам данных тридцати метеостанций области. Выделяется новая умеренно-жаркая тепловая зона, которая характеризуется показателями среднегодовой температуры 0...+2 °С.

Средствами ГИС ArcMap 9.3. получены матрицы (растры) высот рельефа, уклона рельефа и экспозиции рельефа по 20 районам Амурской области, они служат фундаментальной основой для формирования многослойных карт и результирующих карт пригодности территорий для проведения сельскохозяйственных работ. Поверхности рельефа, растры высот, уклона, экспозиции, рабочие материалы и пространственная база данных в совокупности занимают свыше 11 Гб дискового пространства. Проведена оценка рельефа всех районов Амурской области.

Образцы этих работ размещены на сайте профессора В.С. Онищука и доступны в сети Интернет по адресу www.v-onishchuk.narod.ru/files.html

УДК 631.10: 517.9

ДИНАМИЧЕСКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ДЕГУМИФИКАЦИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Н.Е. Орлова, Н.Н. Семенова

Санкт-Петербургский государственный университет, agro@bio.pu.ru

Органическое вещество (ОВ) является одним из наиболее динамичных компонентов почвы. Изучение гумусообразования в динамике позволяет вскрыть механизмы процессов образования, накопления и трансформации гумусовых веществ, выявить те фракции органического вещества, которые в наибольшей степени способствуют формированию и сохранению почвенного плодородия, определить показатели гумусового состояния, реагирующие на изменение климатических факторов и различные виды антропогенного воздействия. Перспективным методом анализа динамики органического вещества почв является аппарат современной теории динамических систем.

Однако в существующих динамических моделях поведения ОВ в почве, как правило, рассматриваются режимы функционирования системы, находящейся в стационарном (равновесном) состоянии. Такие компартментально-балансовые модели линейные, так как они построены на предположении о линейности связей между запасами фракций ОВ и скоростями их трансформации.

ции. Линейные структурные связи определяют однообразие качественных режимов поведения ОБ в почве.

В последнее время особое внимание уделяется нелинейным моделям, позволяющим изучать устойчивость и потенциальные режимы функционирования биокосных систем в зависимости от вида связей между их компонентами и окружающей средой. Подобные модели лучше соответствуют представлениям о почве как о сложной, неравновесной, динамической, нелинейной системе, в которой происходит обмен потоками вещества, энергии и информации. Широко распространенные линейные модели вполне хорошо описывают динамику ОБ в окрестности стационарного состояния, в то время как нелинейные модели дают возможность выявить неединственность таких стационарных состояний и оценить перспективы их реализации.

Предлагаемые модели были апробированы на материале наблюдений за гумусовым состоянием дерново-подзолистых суглинистой и супесчаной агрогенных почв Ленинградской области. Длительность наблюдений составляла от 25 до 38 лет с периодичностью обследования от 1 года до 5 лет. Было установлено, что снижение уровня агротехники в период экономической перестройки 90-х годов (в первую очередь уменьшение дозы внесения органических и минеральных удобрений, а затем и полное прекращение их внесения) вызвало дегумификацию в исследуемых почвах. Максимальная скорость этого процесса наблюдалась в почве легкого гранулометрического состава. Показано, что дегумификация и той, и другой почвы сопровождалась изменением состава их гумуса и, прежде всего, перераспределением гумусовых веществ между фракциями в сторону снижения содержания устойчивых форм гумуса. Данные изменения носят негативный характер. Устойчивость системы гумусовых веществ к деградационным процессам выше для почв более тяжелого гранулометрического состава.

В рамках линейной и нелинейной моделей был описан переходной период снижения общей гумусированности почв. На основе экспериментальных данных были получены оценки для скоростей минерализации и гумификации различных фракций ОБ. С использованием разработанных моделей показано, что линейная модель завышает время перехода из стационарного состояния, соответствующего высокому уровню агротехники, в стационарное состояние современного периода, когда удобрения не вносились, как для суглинистой, так и для супесчаной почв. Анализ динамики ОБ почвы, проведенный по нелинейной системе, кроме того, дает возможность исследовать условия, при которых процесс дегумификации может завершиться не просто понижением содержания органического вещества в почве, а практически полным его исчезновением.

УДК 631.48 (470.331)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ПОЛЕВОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

М.Ю. Пузаченко, Ю.Г. Пузаченко

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва, puzak@bk.ru

Выделение факторов определяющих варьирование свойств почв в пространстве, является традиционной задачей почвоведения (Докучаев, 1948). Сложилось представление о триаде причины (факторы) – процессы – свойства (Герасимов, 1980) связывающей фактор, через процесс со свойствами почвы. На этой основе, Ф.И. Козловский (2003) допустил, что элементарные почвенные процессы (ЭПП), могут быть выделены на основе снижения размерности почвообразовательных процессов через выделение взаимосвязанных свойств почв. Эти процессы определяются как независимые и задаваемые механизмами (факторами), определяющими конкретные свойства почвы. Это положение прямо связано с предложением Ю.Г. Пузаченко (2004, Пузаченко и др., 2006) рассматривать ландшафт как пространственно-временную геодинамическую систему. С этими взглядами согласуются представления неравновесной термодинамики (Prigogine, 1962, Nicolis, Prigogine, 1977, Пригожин, Стенгерс, 2001, 2008) и синергетики (Haken, 1977, Хакен, 1980, 1985, 2001, 2003, 2005, Лоскутов, Михайлов, 1990, Ланда, 1991, Чернавский, 2004, Малинецкий, 2005) о нелинейных динамических системах, о связанных с ними автоколебаниях, фрактальных множествах, иерархией и самоорганизацией. Синергетика рассматривает систему через взаимодействие ее частей и связанную с этим самоорганизацию. В трактовке синергетики система, образованная другими системами, находящаяся в области близкой к стационарной, может быть описана несколько-

ми независимыми переменными или параметрами порядка. Герман Хакен отмечает (2003, 2005), что непосредственное выделение параметров порядка возможно на основе метода главных компонент факторного анализа.

Информация, получаемая в поле о свойствах почвы, носит локальный характер и не позволяет исследовать (при нерегулярной схеме опробования) пространственную организацию почвенного покрова. Для этого, при невысокой плотности полевых измерений, необходима интерполяция свойств почв на основе источников информации с регулярным в пространстве измерениями и соответствующим масштабом (размером элементарного объекта изображения – пикселя). Такими доступными источниками информации, в рамках регионального масштаба, являются цифровая модель рельефа (ЦМР) и данные дистанционного зондирования (ДДЗ)

Рельеф является важной составляющей ландшафта и определяет перераспределение влаги и минеральных веществ. Это перераспределение происходит в различных масштабах, что требует для его учета анализа иерархической структуры рельефа. Линейные размеры основных иерархических уровней организации рельефа определяются с помощью анализа его спектра (Пузаченко 1986, Пузаченко и др., 2002) по ЦМР. Средние размеры иерархических уровней учитываются при расчете локальных характеристик рельефа (уклоны, кривизны поверхности, освещенности, высоты и др.) определяющих свойства рельефа связанные с перераспределением влаги, солнечной энергии и минеральных веществ (Shary at all, 2002, Шарая, Шарый, 2003, Сысуев, 1986, 2003, 2004, Ласточкин, 1991, 1991, Симонов, 1998).

Отражение солнечной радиации в различных спектральных каналах – важное функциональное свойство ландшафта связанное с его энергетическим состоянием (Kay, Fraser, 2001, Chemin, 2002, Jorgensen, 2004, Сандлерский, Пузаченко, 2007, 2009). Оно определяется физическим состоянием отражающей поверхности и, соответственно, несет информацию о ее свойствах (NPP, влагосодержание, интенсивность фотосинтеза и др.). Эти свойства не всегда поддаются априорной интерпретации, однако, отражая аспекты физического и физиономического состояния ландшафта и его компонентов, являются существенными при его исследовании (Аверинцев, Бирюков, 1976, Ходарев, Зиман, 1976, Книжников и др. 1991, 2004, Киреев, 1976, Николаев, 1989, Simmons, Cullinan, Thomas, 1992, Обуховский и др., 1994, Виноградов, 1976, Пузаченко и др., 1999, 2004, 2006, 2008, Савиных, 2000, Serrano at all, 2000, Sabbe, Veroustrate, 2000, Лурье, Косиков, 2003, Сухих, 2005, Hartemnik at all, 2008, Козлов и др., 2008, Исаев и др., 2009).

Пространственная интерполяция свойств почв измеренных в поле от ДДЗ и ЦМР проводится на основе пошагового дискриминантного анализа. Этот метод, помимо интерполяции градиций свойства, определяет его координатное пространство (частные параметры порядка) на основе линейных комбинаций внешних переменных (ДДЗ и ЦМР). Если два или более свойств почвы имеют сходные координатные оси, то эти свойства являются взаимосвязанными, а общие оси идентифицируют элементарный почвенный процесс определяемый общим фактором (параметром порядка). Обобщение координатных осей свойств почвы проводится методом главных компонент факторного анализа. Метод позволяет на основе линейной алгебры, рассчитать новые переменные – факторы или главные компоненты (в нашем случае общие координатные оси) максимально описывающие дисперсию исходных переменных. При высокой связи исходных переменных, количество статистически значимых факторов значительно меньше исходного числа переменных. Число значимых факторов определяется на основе статистических критериев (Кайзера, каменистой осыпи). Интерпретация факторов (общих координатных осей свойств почвы), с точки зрения процессов и факторов проводится с помощью мультирегрессионного анализа на основе всех используемых источников информации. На основе общих координатных осей свойств почвы может быть получено пространственное отображение почвенного покрова как совокупности факторов дифференциации (интеграции) его свойств.

На региональном уровне реализация такого подхода проведена для юго-запада Тверской области в пределах Прибалтийской провинции дерново-подзолистых слабо-гумусированных и болотно-подзолистых почв (Классификация и диагностика почв СССР, 1977) на территории площадью около 23000 км. Информация о свойствах почвы получена входе полевых описаний (1459 описаний с привязкой GPS) в рамках среднемасштабных ландшафтных исследований. Описание почв и почвообразующих пород проводилось по прикопке (кроме заболоченных и болотных угодий) глубиной 40–60 см, а далее по буру типа ласточкин хвост (Ejkelkamp) до глубины 160–175 см. Выделение генетических почвенных горизонтов проводилось на основе морфологических показателей

(гранулометрический состав, цвет, плотность, реакция с HCl и др.) определяемых непосредственно в поле (визуально, тактильно, с помощью цветовой шкалы Манселла, 10 % раствора HCl). В анализе использованы 54 свойства описывающих гранулометрический состав, мощности и цвета генетических почвенных горизонтов и почвообразующих пород. Цифровая модель рельефа построена на основе векторизованных топографических карт масштаба 1:100 000. При анализе его иерархической организации выделено 8 наиболее выраженных уровней. Данные дистанционного зондирования представлены мозаиками снимков системы Landsat MSS, TM, ETM скомпилированных по сезонам года (конец мая, начало сентября, октябрь) за последние 20 лет. Выбор этой серии съемочных систем связан с информативностью, масштабом исследований, временным охватом и свободным доступом к снимкам данных спутников. Для увеличения информативности дистанционной информации, помимо каналов съемки при анализе использованы индексы, представляющие собой разности или отношения между спектральными каналами. Совмещение всех данных проводится в ГИС при размере минимального объекта установленного в 114 м, что соответствует масштабу исследований и кратно разрешению дистанционной информации.

При анализе свойства почвы разделены на три блока по их характеру: 1) мощности, 2) гранулометрический состав и 3) цвет. Таким образом, частные координатные оси отдельных свойств обобщаются в рамках блоков свойств, а затем, результаты обобщения для блоков свойств, обобщаются с выделением общих для большинства из рассматриваемых свойств почвы координатных осей. Качество дискриминантного анализа свойств почвы составляет от 33 % до 86 % (табл.). Наихудшее качество дискриминации отмечается для цвета и гранулометрического состава нижнего из описанных горизонтов. При обобщении 21 координатных осей блоков свойств почвы выделено семь статистически значимых обобщающих их факторов (общих координатных осей свойств почвы). Анализ их связи с ДДЗ, ЦМР и полевыми данными позволяет идентифицировать отвечающие им процессы и факторы почвообразования.

Таблица. Результаты дискриминантного анализа и факторного обобщения свойств почвы.

Блоки свойств почвы	Качество дискриминации свойств, (%)	Число частных координатных осей	Число обобщенных координатных осей для блока свойств и их вклад в описание частных координатных осей свойств, (%)
Цвета горизонтов почвы и почвообразующих пород (21 свойств)	33–63	41	1 – 42, 2 – 14, 3 – 8, 4 – 4, 5 – 4, 6 – 3, 7 – 3, 8 – 3
Мощности горизонтов почвы и почвообразующих пород (18 свойств)	43–81	42	1 – 24, 2 – 13, 3 – 7, 4 – 6, 5 – 6, 6 – 4, 7 – 4, 8 – 3
Гранулометрический состав горизонтов почвы и почвообразующих пород (15 свойств)	37–86	19	1 – 43, 2 – 16, 3 – 8, 4 – 7, 5 – 5

Первая общая координатная ось свойств почв (24 % варьирования координатных осей блоков свойств) идентифицирована как процесс олиготрофного заболачивания сопряженного с оглеением. Основным фактором, определяющим этот процесс, является застойный водный режим почв, связанный с отсутствием уклонов форм рельефа с линейными размерами около 1 км. Вторая общая координатная ось (14 %) отражает процесс развития серогумусовых и элювиальных (подзолистых) горизонтов и определяется промывным водным режимом почв при больших высотах и уклонах форм рельефа с линейными размерами около 8 км. Третья общая координатная ось (9 %) отражает мезотрофное (лесное) заболачивание и развитие элювиальных (палевоподзолистых) горизонтов с оглеением и определяется периодически застойным водным режимом при выпуклых водоразделах и отсутствии уклонов форм рельефа с линейными размерами около 12 км. Четвертая общая координатная ось (7 %) отражает процесс подзолообразования определяемый промывным водным режимом почв при вогнутой форме долин с пониженными высотами рельефа и отсутствием уклонов для форм рельефа с линейными размерами 8–12 км. Пятая общая координатная ось (7 %) отражает процесс перегнойно-гумусовой аккумуляции и определяется замедленным дренажом связанным с

повышенными высотами рельефа с линейными размерами форм около 4 км, при вогнутой форме долин рельефа с линейными размерами форм около 12 км и наличии уклонов и выпуклой формы долин рельефа с линейными размерами форм около 340 м. Шестая общая координатная ось (6 %) отражает процесс пойменного почвообразования определяемого русловой аккумуляцией и эрозией при пониженных высотах рельефа с линейными размерами форм около 700 м и вогнутыми формами долин рельефа с линейными размерами около 12 км. Седьмая общая координатная ось (5 %) отражает процесс аккумуляции грубогумусовых горизонтов, определяемый промывным водным режимом при повышенных высотах и вогнутых водоразделах форм рельефа с линейными размерами 700 м – 1100 м, и при пониженных высотах и выпуклых водоразделах рельефа с линейными размерами около 12 км.

Таким образом, развитие научной методологии и технических средств анализа больших массивов информации позволяет использовать количественные методы для определения процессов почвообразования и факторов дифференциации почвенного покрова.

УДК 631.4

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ДЕТАЛЬНОМ МАСШТАБЕ НА ПРИМЕРЕ ТИПОЛОГИЧЕСКИХ УГОДИЙ БРЯНСКОГО ОПОЛЬЯ

В.П. Самсонова, Ю.Л. Мешалкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, vkbun@mail.ru

Цифровое почвенное картографирование (ЦПК), возникшее менее 10 лет назад, явилось результатом поиска способов удешевления почвенной съёмки за счет применения современных технологий. ЦПК не тождественно оцифровке существующих карт – это самостоятельный процесс, объединяющий фактические данные о почвах и индикаторных переменных, а также базу знаний, где собраны и описаны пространственные зависимости, выраженные в виде вариограмм и кроссвариограмм, закономерности распределения структур почвенного покрова, а также непрямые зависимости (классификации почв и их свойств, педотрансферные функции и т.п.) и экспертную систему, управляющую данной базой знаний. Распространение ЦПК приводит к двум противоречивым последствиям. С одной стороны, ЦПК ориентирует почвоведов – картографов на применение современных технических средств измерения первичной полевой информации (GPS, полевые сканеры и др.), использование информации об индикаторах (цифровые модели рельефа, данные ДЗ и др.), унифицированное хранение информации и ее обработку современными методами пространственного анализа. С другой стороны, у ЦПК остаются те же проблемы, что и при традиционной почвенной съёмки: сложность организации почвенного покрова; недостаточная способность отображения на карте почвенного варьирования на небольших расстояниях. Отсюда следует, что наиболее актуальными по тематике являются работы, связанные с выявлением источников варьирования, влияющих на точность цифровых карт, а также с оценкой качества и согласованием разнородных данных.

В докладе на примере сельскохозяйственных угодий на территории Брянского Ополья обсуждается разнообразие компонентов почвенного покрова при детальной почвенной съёмке и возможности его отображения с помощью средств ЦПК. Показано, что многообразие почвенных выделов таково, что карты в детальном масштабе являются сложными и плохо интерпретируемыми. Коэффициент общей точности для таких карт лежит в диапазоне $A_0=0.5-0.6$. Оказалось, что традиционный для данной территории подход, когда проводится картографирование вариаций агросерых почв и агросерых почв со вторым гумусовым горизонтом, слишком огрубляет ситуацию. Во многих случаях антропогенное воздействие разрушило связи рельеф – почвенные выделы. Это проявляется в том, что почвы промежуточных степеней смытости могут быть обнаружены на разных позициях в рельефе. Участки, где связи между характеристиками рельефа и почвенными классами сохранились, могут быть выявлены на основе цифрового моделирования территории. Для построения цифровой почвенной карты были использованы данные многоканального дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения, а также наземного горизонтального и вертикального зондирования электрического сопротивления почвы. Показано, что использование электрического сопротивления слабо улучшает качество карт, а ДЗ обнаруживает мелкие контуры, не учитываемые при наземной съёмке. Обсуждается вопрос о поиске баланса между почвенной съёмкой и данными дистанционного зондирования. Было изучено повторное картографирование отдельных почвенных

свойств. Показано, что повторное картирование в течение вегетационного периода с отбором проб в фиксированных точках дает устойчивые результаты (коэфф. корреляции между картами 0.8–0.9). Картографирование с изменением схем опробования уменьшает степень связи между картами. Полученные результаты могут служить основой для сравнительной оценки и интеграции данных, полученных в ходе традиционных и современных почвенных исследований.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 09-04-00336.

УДК 631.4

ТОЧНОСТЬ ВЫДЕЛЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ КОНТУРОВ ПО АГРОХИМИЧЕСКИМ И ПОЧВЕННЫМ СВОЙСТВАМ НА ПРИМЕРЕ ТИПОЛОГИЧЕСКИХ УГОДИЙ БРЯНСКОГО ОПОЛЬЯ

В.П. Самсонова, Ю.Л. Мешалкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, vkbun@mail.ru

Последние два десятилетия ознаменовались появлением и все большем распространением в мировой практике современных технологий в сельском хозяйстве. Технологии, так называемого, точного земледелия направлены на повышение производительности, уменьшение себестоимости продукции и сохранение окружающей среды (Roberts, 1993, Якушев и Якушев, 2007). При использовании технологий точного земледелия поле определяется как совокупность однородных контуров, отличающихся по показателям плодородия. Соответственно для каждого контура применяется свой набор агроприёмов. В этом случае происходит снижение затрат на получение урожая и сохраняется экологическое равновесие (Якушев, 2007). Внедрение технологий точного земледелия для конкретных территорий связано не только с экономическими проблемами и организационными мероприятиями, но и с решением целого комплекса научных вопросов, определяемых характером пространственной неоднородности основных агрохимических и почвенных свойств в пределах угодья и способов ее описания. Так, решение вопроса о том, какую долю от общего варьирования на угодье составляет варьирование на близких расстояниях, определяет возможность выделения однородных контуров с заданной точностью и воспроизводимость результатов.

Данный вопрос изучался на примере антропогенно-измененных почв. Было исследовано 2 угодья (16 и 72 га), относящихся к группе типологических участков Брянского ополья. Данная территория возделывается более 150 лет. Для обследуемых угодий были проведены многократные исследования почвенных и агрохимических свойств, таких как содержание углерода, подвижный фосфор и калий, рН, количество сорняков, влажность, а также удельная поверхность, отражающая гранулометрический состав. В качестве индикаторных переменных использовались данные цифровой модели рельефа, обследования электрического сопротивления и спутниковые снимки в видимом и инфракрасном диапазонах.

Обнаружена значительная изменчивость изучаемых величин в пределах угодья (коэффициенты вариации 7–12 % для удельной поверхности, 15–30 % для гумуса и подвижного фосфора, 50–55 % для подвижного калия и т.п.). Практически для всех изученных признаков аналитическая ошибка составляет пренебрежимо малую часть от общего варьирования свойств. Анализ пространственного распределения изучаемых свойств геостатистическими методами показал, что доля высокочастотной составляющей в общем варьировании составляет от 20 до 65 % от общей дисперсии, выявляемой на площади одного угодья. Расстояния взаимозависимости составляют для разных свойств от 20 до 100 м. Это расстояние определяет размеры элементарного участка, на котором нужно отбирать смешанный образец для построения картограмм, используемых для целей точного земледелия на этой территории. При увеличении площади участка, с которой будет отбираться смешанный образец, будет нивелироваться природная изменчивость, искажая информацию об условиях произрастания растений.

Исследования показали, что разные способы опробования одной и той же территории могут дать статистически значимо разные оценки дисперсии, абсолютные значения которых могут различаться до 2 раз. Карты почвенных свойств, построенные по результатам повторного опробования, как правило, оказываются похожими друг на друга (коэффициент корреляции 0.8–0.85). При сильном изменении схемы опробования или при уменьшении числа точек коэффициенты корреляции снижаются до 0.42–0.45.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 09-04-00336.

БАЗА ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СОРТОИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

И.А. Сахабиев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, ilnassoil@yandex.ru

Современные информационные технологии занимают достаточно большую часть в исследованиях почвенного покрова. На данном этапе, в большинстве своем, информационные технологии применяются в целях изучения географического распространения почв, построения электронных карт различной тематики, в целях аэрокосмического мониторинга почвенного покрова, дешифрирования снимков по данным дистанционного зондирования Земли. Система рационального использования почв и управление качеством земельных ресурсов на сегодняшний день не представляются возможным без использования современных информационных технологий.

Принимая во внимание эти принципы, для целей мониторинга почвенного покрова территорий сельскохозяйственного назначения, на кафедре почвоведения К(П)ФУ разрабатывается почвенная база данных. Существенным отличием базы является то, что она является не только неким хранилищем информации по почвенному покрову отдельной территории, но также является инструментом изучения трансформации почвенного покрова.

Объектом для создания базы данных служат почвы государственных сортоиспытательных участков (ГСУ).

Для целей мониторинга почвенного покрова агроценозов ГСУ имеют ряд преимуществ перед остальными полигонными участками:

1. Система государственной сортоиспытательной сети была основана на принципе организации сортоиспытательных участков на главнейших типах почв страны.
2. ГСУ были организованы на типичных участках местности.
3. На участках сортоиспытательной сети использовалась высокая научно-обоснованная агротехника.
4. Начиная с момента создания (1930 гг.) на участках проводились периодические почвенно-агрохимические обследования почвенного покрова. В связи с этим по почвам ГСУ накопился огромный массив фактографического материала.
5. На территориях ГСУ возможна организация слежения за показателями долгосрочного изменения почв.

База данных реализуется в среде СУБД Microsoft Access, входящей в пакет MS Office. База представлена в виде модели реляционного типа и предназначена для сжатия, упорядочивания, системного анализа хранения как новой, только поступившей информации, так и многочисленного фактографического материала. Структуру модели составляют иерархично упорядоченные таблицы, связанные друг с другом посредством кодов-связок.

База данных включает данные географического, геологического, геоморфологического, ботанического, почвенного описания ГСУ, данные морфологического строения почв, характеристику физико-химического, агрохимического состояния отдельных горизонтов.

На данный момент осуществляется совершенствование технической части базы данных, создание интуитивного интерфейса, понятного простому пользователю, ввод данных почвенно-агрохимических обследований по почвам ГСУ. В дальнейшем планируется интеграция существующей базы с системами ГИС – технологий для создания электронных карт и картограмм различной тематики, изучения трансформации почвенного покрова во времени, периодического слежения за показателями почвенного плодородия.

С помощью базы данных планируется научно обосновать пригодность территорий ГСУ в качестве стационарных площадок для мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения.

ВЕЕРНАЯ ИЕРАРХИЯ – РУКОВОДЯЩИЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП
 ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО
 ПРОСТРАНСТВА РОССИИ

В.Д. Скалабан

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Гос. университет природообустройства

В настоящее время накоплены и продолжают накапливаться обширные и разносторонние знания о природе. Глубокая дифференциация знаний сопровождается диалектически противоположным процессом – объединением знаний, рассмотрением их во взаимосвязи. Наиболее характерна в этом отношении экология, объединяющая почвенные, климатические, биологические, геологические и др. знания. Возникла острая необходимость их систематизации, создания ЕГСЭМ – Единой Государственной Системы Экологического Мониторинга.

Создание ЕГСЭМ основано на фундаментальных математических дисциплинах – прикладных разделах теории множеств, общей теории систем, информатике, системотехнике. В работах Скалабана В.Д (2009) показано, что прежде всего следует определиться, что мы систематизируем: почвенный покров (материальный объект) или информацию о нём? При создании ЕГСЭМ участвуют и то, и другое, причём их систематизация (например, классифицирование) осуществляется по-разному. Так, единая система классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ) Госстандарта России предусматривает два метода классифицирования – иерархический (последовательный) и фасетный (параллельный) – ГОСТ 6.01.1.-87, ПР 50-733-93.

В составе ЕГСЭМ центральное, связующее положение занимает земельный кадастр (ГЗК), так как он определяет географический, юридический адрес абсолютно любого землепользователя, ответственного за состояние подведомственного ему земельного участка. Скалабан В.Д. показал, что для деления земельного фонда на кадастровые округа, районы (КР), блоки, массивы, кварталы и кадастровые номера земельных участков используется иерархический метод. Теория классифицирования входит в математическую логику и в теорию множеств как прикладные разделы. Деление множества на подмножества включает в себя три аксиомы (рефлексивности, симметричности, транзитивности), логические операции объединения, разделения, принцип непересекаемости классов и 4 правила деления множества на подмножества (Скалабан, 2009).

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k = \sum_{i=1}^{i=k} n_i \quad (1)$$

Уравнение 1 показывает, что земельный фонд N субъекта РФ есть арифметическая сумма земель муниципальных единиц субъекта. Так же земли муниципалитетов суть суммы земель внутри муниципальных образований, а их земли – суммы земель кадастровых кварталов, далее земельных участков. Ни один земельный участок чисто физически не может находиться одновременно в разных административно-территориальных единицах.

В то же время классифицирование информации о свойствах материальных объектов, в отличие от классифицирования самих материальных объектов, не требует соблюдения вышеупомянутых аксиом и требований. Приведём примеры.

В природно-сельскохозяйственном районировании (Розов, Шашко и др. 1983) земельный фонд подразделяется на тепловые географические пояса по ресурсам солнечной энергии. На следующем этапе выделяются зоны по ресурсам атмосферной влаги, но границы зон при этом не укладываются в границы тепловых поясов, и нарушается строгая иерархическая соподчиненность. В ГЗК деление совокупной информации о земельном фонде на информационные массивы (разделы ГЗК: регистрация, учёт количества, учёт качества, оценка земель) осуществляется по фасетному (тематическому) принципу, который отражает уравнение 2:

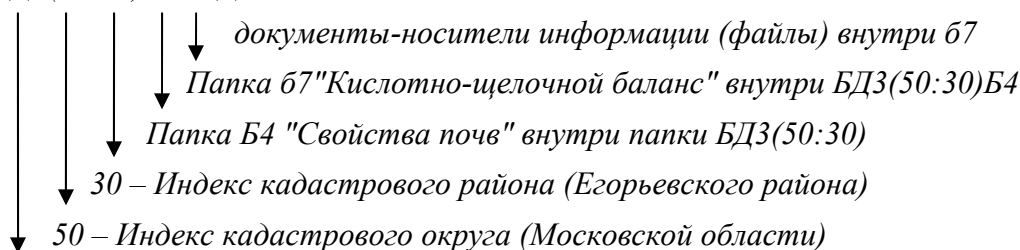
$$N = n_1 U n_2 U n_3 U \dots U n_k = \bigcup_{i=1}^{i=k} n_i \quad (2)$$

где $i = 1, 2, 3 \dots k$ – конечное множество (группа) признаков, по каждому из которых формируется информация n_i , U – обозначение объединения множеств n_i – тематических информационных массивов, значимых для характеристики земельного фонда в заданном аспекте. В уравнении 2 применяется не сложение "+", а объединение "U" множеств, так как фасеты – независимые группировки (по определению фасета) и позволяют присутствию одной и той же информации в разных группи-

ровках (фасетах), то есть предусматривают перекрытие множеств. Обязательным перекрытием являются идентификационные данные о землях, обеспечивающие автоматизированный информационный поиск информации (коды субъекта РФ, муниципального образования, кадастрового квартала, кадастровый номер участка).

Формирование фасетов осуществляется на трёх уровнях (федеральный, субъектов РФ, муниципальный) и сопровождается тематическим индексом фасета, а также территориальным кадастровым номером. Приведем пример: кадастровый район Егорьевский (50:30) кадастрового округа Московская область (50).

БДЗ(50:30)Б467.Д1,2,3...



Папка (директория) – тематическая база данных БДЗ "Качество земель" 3-го раздела ГЗК

Документы-носители информации могут быть разных форматов.

БДЗ(50:30)Б467Д1 – документ формата dbf, таблица с данными о рН почв.

БДЗ(50:30)Б467Д2 – документ формата bmp, картограмма рН почв района.

БДЗ(50:30)Б467Д3 – вспомогательный справочный документ: методика (водная или КС1-вытяжка), оценочные шкалы, интерпретация данных.

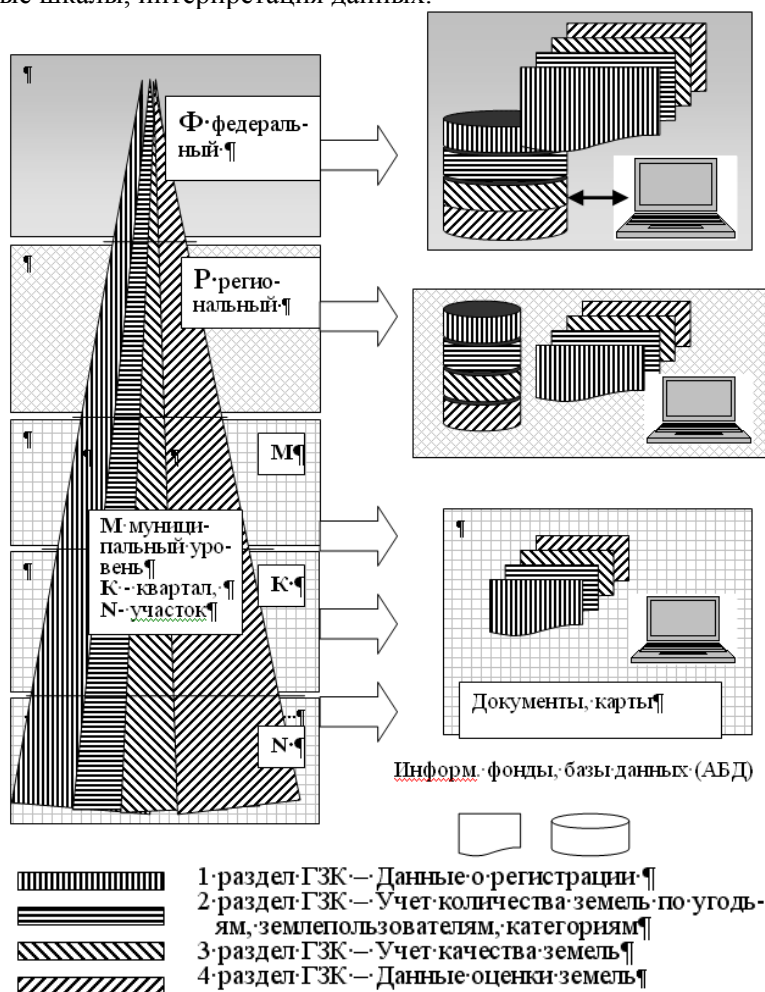


Рисунок 1. Структура формирования данных в ГЗК.

Подобным образом можно формировать данные для отдельного кадастрового квартала или участка, например для участка с кадастровым номером 50:30:004 01 10:0024 (Ивасюк, 2007), где.004 01 10 – номер кадастрового квартала, 0024 – номер участка.

В приведенном примере индексы документов содержат элементы как иерархического (территориального), так и фасетного (тематического) классифицирования.

Подобно электрическим схемам сколь угодно большой сложности, где все соединения можно представить как сочетание последовательного и параллельного соединения, информационные массивы могут быть представлены как иерархическое и фасетное классифицирование данных.

В данной работе термины *данные* и *информация* рассматриваются как синонимы, хотя, строго говоря, это не так. Информация – устранённая информационная энтропия (негэнтропия), ликвидированное незнание. Работа рассчитана на работу с компьютером, для которого энтропия максимальна и равна нулю. Поэтому *информация* и *данные* – синонимы.

В данном сообщении рассмотрен лишь один пример для госземкадастра, для его природно-экологической базы данных БДЗ. Экологически значимых систем наблюдений много. Все они многоуровневые, разномасштабны и образуют ЕГСЭМ в виде "веерной иерархии" – совокупности "лепестков веера". Термин позаимствован у математиков (Моисеев, 1983). Каждый документ-носитель информации в лепестке веера должен иметь два ключевых признака:

- территориальный иерархический код (ГЗК или СОАТО – системы обозначений административно-территориальных объектов, номенклатуры карты, географические координаты);
- тематический (фасетный) код, составленный в предметной сфере деятельности.

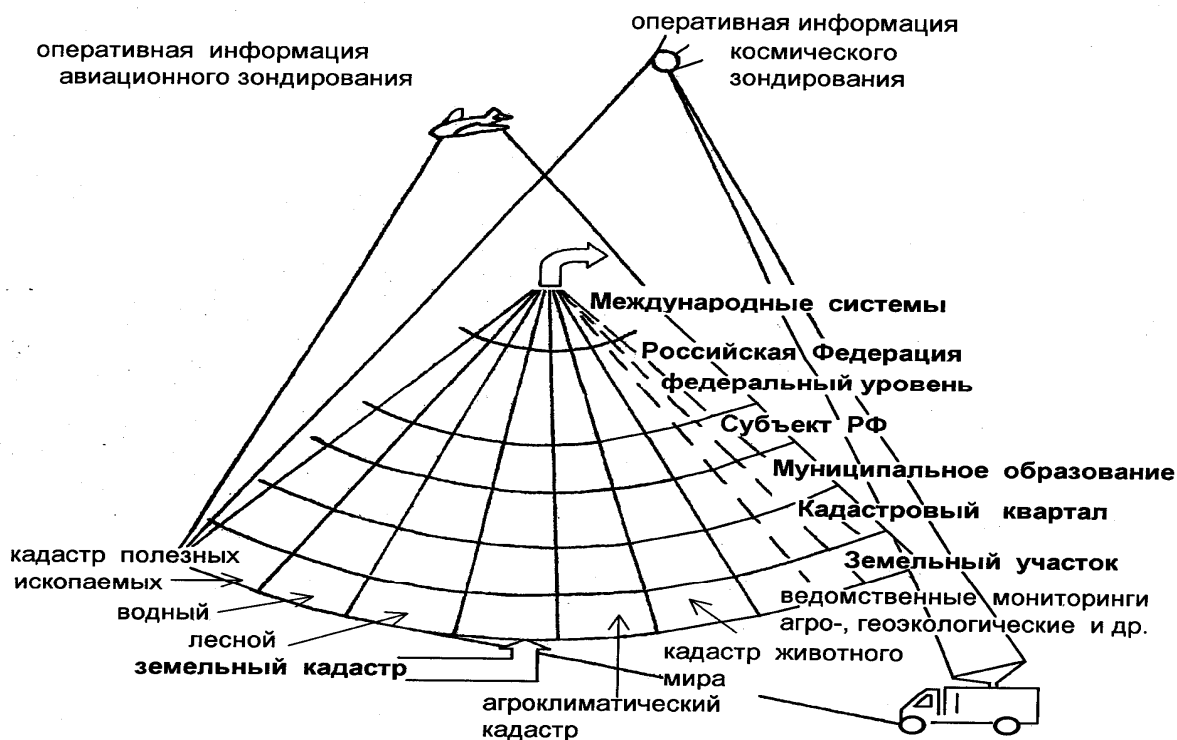


Рисунок 2. Веерно-иерархическая структура ЕГСЭМ.

В работах Скалабана (2009) показано, что массив информации ЕГСЭМ об окружающей среде, структурированный по многотемному веерно-иерархическому принципу, легко поддаётся обработке (накоплению, хранению и выдаче по произвольным запросам) в автоматизированном режиме в программных средах, совместимых с Windows XP (Microsoft Excel, Access и др.) с пространственным отображением в ГИС-ах (MapInfo, ArcView и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 6.01.1–87. Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации. – М.: Госкомстат СССР.
2. Ивасюк С.И. Методические основания и практический пример землеустроительных работ в муниципальном образовании. – М.: Изд.И.В.Балабанов, 2007. 80 с.

3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1983. 488 с.
4. Основные положения Единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации и УСД РФ.– М.: ПР 50-733-93, Госкомстат РФ.
5. Розов Н.Н., Шашко Д.И. и др. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. – М: Колос, 1983. 335 с.
6. Скалабан В.Д. Агроэкологические данные земельного кадастра в стратегии устойчивого развития России. – М.: Академический Проект, 2009. 256 с.
7. Date C.J. There is Only One Relational Model. <http://www.dbdebunk.com>
8. Mesarovic M., D Macko, Y.Tacachara. Theory of hierarchical multilevel system. N.Y. –L., 1970.

УДК: 631.4:004.65(470.22)

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ «ПОЧВЫ КАРЕЛИИ»

А.Н. Солодовников

Институт леса КарНЦ РАН, solod@krc.karelia.ru

Любая научная работа базируется на анализе экспериментальных данных. Чем больше этих данных, тем точнее и объемнее выводы сделанные с их помощью. Доступность больших объемов данных позволяет минимизировать экспериментальную часть и облегчает аналитическую работу. Глобальные закономерности, как правило, выявляются на основе комплексного анализа многолетних наработок сведенных в единую базу данных.

С этой целью в лаборатории лесного почвоведения и микробиологии на базе MS Access 2003 разработана оболочка управления базой данных (БД) «Почвы Карелии», которая позволит в будущем свести воедино и систематизировать многолетние данные по почвам Карелии. Данные, собранные лабораторией на основе различных почвенных классификаций, будут приведены к единому стандарту. В качестве стандарта была выбрана региональная классификация с учетом особенностей почвенных условий Карелии.

В дальнейшем подобная стандартизация даст возможность конвертировать базу данных (БД) в любую другую российскую либо международную классификацию, что позволит работать и сравнивать свои данные с мировыми наработками.

Для пользователей БД обеспечен облегченный ввод почвенных характеристик, в виде появляющихся списков вариантов ввода. Списки вариантов автоматически корректируются по мере ввода информации. Это позволяет комфортно и быстро вводить большие объемы информации, одновременно приводя их к виду, удобному для анализа.

Каждая запись БД содержит следующие данные: тип, подтип, род, вид, разновидность и ряд почвы, тип леса и напочвенной растительности, возраст и бонитет древостоя, место и год закладки разреза, а также ссылку на источник информации (публикацию). Всего 12 позиций. Для каждой записи предусмотрен ввод названий почвенных горизонтов, для каждого из которых вводятся следующие почвенные параметры: глубина залегания горизонта, значение рН актуальное и солевое, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, содержание С и N, содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O , содержание валовых форм SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , а также механический состав почвы. Всего 32 позиции.

Помимо сбора информации в БД «Почвы Карелии» предусмотрен блок работы с данными. Этот блок позволяет произвести выборку в БД из 12 почвенных характеристик или их сочетаний. Выбор характеристик, также как и ввод данных, осуществляется с помощью выпадающих списков. По результатам выборки вычисляется средние арифметическое значение для 17 почвенных параметров.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ДОКУЧАЕВА В СОВРЕМЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТОГРАФИИ

В.И. Степанова, И.П. Баранов

Институт биологического приборостроения РАН, Пущино, agroecology@inbox.ru

Почвенные и земельные карты – это абстракции, что было показано В.В. Докучаевым [1, с. 243]. Он разработал бинарную классификацию почвенной поверхности, выделяя сначала класс почв по *способу их залегания* всего лишь с тремя элементами рельефа: водоразделы, склоны и нижние части склонов, к которым «привязал» соответствующие им почвы: нормальные, переходные, аномальные. Затем внутри этих классов Докучаев различал классы почв по *способу их происхождения* (генезиса): сухопутные, сухопутно-болотные и болотные. Заметим, что первые этапы классификации Докучаева имеют чисто символический характер – все разнообразие конкретных форм рельефа (холмистый, бугристый, равнинный, долинный и др.) он заменил переменными величинами: нормальными почвами водоразделов и переходными и аномальными почвами склонов. Метод пластики рельефа, разработанный Заслуженным деятелем науки РФ, профессором И.Н. Степановым, позволил почвенные абстракции Докучаева (водоразделы, склоны, подножья склонов) отобразить в наши дни более точной и общепринятой переменной – *кривизной поверхности*, которая является фундаментальным понятием физики и математики (2, 3).

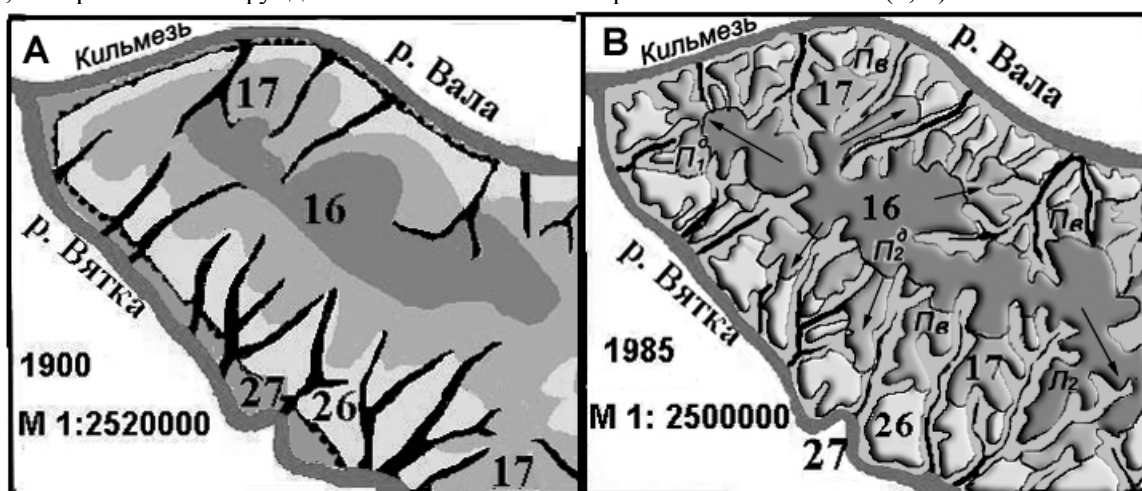


Рисунок 1. Фрагменты почвенных карт составленных:
А – Докучаевым, В – методом пластики рельефа

Карта (рис. 1), позволяя, следуя Докучаеву, на первом этапе бинарной классификации почв использовать в качестве унифицированной границы не горизонтали, а диагностические количественные показатели кривизны, такие как почвы выпуклостей, вогнутостей и ровных переходных склонов. Таким образом, снимается скептицизм многих почвоведов по отношению к математическим абстракциям в классификации и картографии почв. В частности, теряет смысл высказывание ведущего почвовед В.Д. Тонконогова [4]: «Диагностика, построенная на множестве жестких количественных показателей, очень сложна, ее дотошное использование почти невозможно и не нужно». Как видно из наших публикаций, во-первых, количественных показателей не так много – всего один, но он жесткий, – это изолиния нулевой плановой кривизны, отделяющая по перегибам горизонталей топографических карт почвы выпуклостей от почв вогнутостей и выделяющая контуры древовидной почвенной системы как единой целостности. Во-вторых, количественная диагностика стала не только нужной, но и не обходимой в XXI веке – веке тотальной компьютеризации, требующей всеобщей стандартизации для специализированной сельскохозяйственной ГИС. Переход системы земледелия на количественный уровень оказывается возможным, если использовать предложенную нами и нашими коллегами – почвоведом, агрохимиками, земледельцами, физиками и математиками Пущинского научного центра РАН теорию пластики рельефа, многократно проверенную на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев В.В. Естественнo-историческая классификация русских почв. Избр. соч., 1949, т.3, с.243–270.
2. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах. М., Наука. 2003.
3. Степанов И.Н. Метод пластики рельефа в тематической картографии. М., Наука, 2006.
4. Тонконогов В.Д. Пространственно-генетические ряды горизонтов и профилей почв Русской и Западно-Сибирской равнин//Почвоведение. 2008, №6.

УДК 631.47

НЕОБХОДИМОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК ИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ, ЭФФЕКТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, КАДАСТРА И ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

П.А. Суханов, В.Н. Первушина, В.И. Терентьев, А.Ю. Перцович, А.С. Федоров
ООО «Агрохимзем», Санкт-Петербург, agrohimpzem@gmail.com

Ресурсный потенциал почв, его сохранение, воспроизводство и охрана – дело не столько хозяйственное, сколько государственное и политическое, поскольку ресурсный потенциал почв это действительно в первую очередь – основа продовольственной и экологической безопасности страны. Для обеспечения рационального сельскохозяйственного использования почвенно-земельных ресурсов в СССР в середине прошлого века были созданы и, можно утверждать, успешно и эффективно функционировали специализированные проектно-изыскательские и научно-исследовательские институты. Проектно-изыскательские институты по землеустройству были в каждой союзной республике. В России кроме головного института РосНИИгипрозем работали 12 зональных институтов с филиалами в каждом регионе. Силами этих институтов проводились планомерные работы по почвенному картографированию земель сельскохозяйственного назначения, составлению, обновлению и корректировке крупномасштабных почвенных карт сельскохозяйственных предприятий, являвшихся информационной основой для землеустроительного проектирования, для разработки систем ведения сельскохозяйственного производства, для планирования и осуществления комплексов мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв, для кадастра и всех видов оценки земель. Информация о почвах земель сельскохозяйственного назначения, собранная в 60–80 годы прошлого столетия стала основой кадастровой и стоимостной оценки земель, осуществляемой и в настоящее время. В 80-х годах в большинстве регионов были составлены районные и областные почвенные карты, которые из-за начавшейся перестройки не нашли должного применения и, очевидно, в большинстве регионов остались лишь в архивных экземплярах. Интерес к таким картам безусловно есть, у них очень высокая информативность, тем более в ряде областей они были составлены на основе сплошного обследования всех категорий земель, в частности в Ленинградской области. В настоящее время ранее существовавшая сеть землеустроительных институтов по существу распалась, а вместе с этим прекратились плановое государственное землеустройство и все виды почвенного обследования. В регионах возникли десятки и сотни предприятий, обеспечивающих так называемый «оборот земель». В Ленинградской области и Санкт-Петербурге около 150 таких предприятий. Работы по землеустроительному проектированию и обновлению почвенных карт они не проводят. Казалось бы вполне очевидным, что в изменившихся границах землепользований, а тем более во вновь образовавшихся хозяйствах необходимо в первую очередь определиться с качеством земель, их почвенным ресурсом, а на этой основе выбрать варианты наиболее эффективного использования по экономическим и экологическим критериям. Однако, до настоящего времени редкий собственник, а тем более арендатор, выполняют такие работы. Представляется, что в инициировании таких работ ведущая роль должна принадлежать государственным органам власти, ответственным за использование природных ресурсов и земли в первую очередь.

Проектно-изыскательские институты системы Министерства мелиорации и водного хозяйства проводили очень большой объем работ по специальным почвенно-мелиоративным, солевым и другим видам обследования земель, разрабатывали уникальные проекты по регулированию водно-

го режима почв, рассолению засоленных почв, мелиорации солонцов, рекультивации различных видов нарушенных земель и так далее. Система институтов распалась вслед за ликвидацией министерства. Если крупномасштабные почвенные карты, составленные землеустроительными институтами, по имеющейся у нас информации, сохранились хотя бы в областных архивах, то архивные материалы мелиоративных изысканий, скорее всего, утрачены в основном безвозвратно.

В настоящее время обновление информации о плодородии почв и состоянии земель сельскохозяйственного назначения продолжает частично осуществляться лишь в рамках агрохимического обследования, проводимого сохранившимися государственными учреждениями агрохимической службы, находящимися в ведении Министерства сельского хозяйства России. Получаемая информация по агрохимическим показателям в силу сложившихся традиций, а также и из-за отсутствия технических возможностей прежде, не могла быть корректно увязана (согласована) с почвенными выделами и характеризовала, как правило, земельные участки в разрезе полей севооборотов, рабочих участков или их частей. Такая информация позволяла рассчитывать усредненные по полям дозы удобрений и мелиорантов, что, очевидно, соответствовало техническим возможностям и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур в прошлом веке, но не отвечает требованиям современных интенсивных технологий, а тем более ландшафтно-адаптивному землепользованию и точному земледелию.

Безусловно, сегодня, после осуществления земельной реформы, массового перераспределения земель сельскохозяйственного назначения, по нашему представлению, возникла острейшая необходимость обновления (актуализации) информации о состоянии одного из главных жизнеобеспечивающих ресурсов – почвах земель сельскохозяйственного назначения. Для эффективного использования почвенных ресурсов, обеспечения их воспроизводства, наращивания плодородия почв с сохранением их экологических функций и устойчивости в современных условиях необходимо располагать информацией не только об агрохимических показателях, но и о точных границах почвенно-земельных контуров, которые они характеризуют. Необходима информация о мелиоративном состоянии земель, структуре почв, их водном, воздушном и тепловом режимах, а также об эколого-токсикологических характеристиках и почвенной микрофлоре. Перечисленные виды информации могут быть получены при комплексном почвенно-экологическом обследовании земель сельскохозяйственного назначения. Начинать такое обследование необходимо с наиболее активно используемых земель. « Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения», Москва, 2003, подготовленные совместно ВНИИ Агрохимии им. Д. Н. Прянишникова и Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, утвержденные Министерством сельского хозяйства Российской Федерации и Российской академией сельскохозяйственных наук, как раз и ориентируют на необходимость таких обследований. Для массового проведения комплексных обследований, естественно, нужны средства и силы. Учитывая стратегическое значение таких обследований, финансирование их должно осуществляться за счет федеральных средств. С учетом сложившейся ситуации главными исполнителями этих работ на сегодня реально могут быть лишь Федеральные государственные учреждения агрохимической службы.

История свидетельствует, что почвенное обследование всегда носило комплексный характер и включало экологические аспекты, начиная с работ В.В.Докучаева в Каменной степи. Оно было комплексным в разной степени и на всех этапах массовых крупномасштабных обследований, проводимых в системе гипроземов, с целью составления почвенных карт сельхозпредприятий. Особенно большим вниманием к экологическим аспектам отличались работы, проведенные российскими почвоведом в составе зарубежных почвенно-экологических экспедиций под руководством академика Л. Л. Шишова, в частности на Кубе, в Ливии, Камбодже, Лаосе и других государствах. В этих экспедициях на основе комплексного почвенно-экологического обследования наряду с почвенными картами составлялось несколько тематических карт, в том числе и экологического содержания.

Современные технические возможности (наличие космоснимков, навигационное оборудование и прочее) позволяют выполнять полевые работы по почвенно-экологическому обследованию с высокой степенью точности, координатной привязкой картографируемых элементов. На основе таких обследований, используя современные ГИС технологии, необходимо начать массовое создание цифровых почвенных и других тематических карт для различных целей информационного обеспечения и решения прикладных задач. Например, организация территорий, землеустройство,

контроль за состоянием плодородия и осуществлением мероприятий по его сохранению, дифференцированное внесение удобрений, средств защиты растений и другие.

Информация о состоянии почвенных ресурсов должна паспортизироваться, оформляться в виде соответствующего сертификата по каждому земельному участку, по каждому землепользованию, содержать развернутый перечень показателей, характеризующих плодородие и экологическое состояние почв. Должна быть установлена и четко выдерживаться периодичность обновления различных показателей. На основе сертификата качества и экологического состояния почв должны определяться кадастровая, рыночная и залоговая стоимости, размеры субсидий или штрафов в зависимости от изменений в состоянии почв. При передаче прав на земельные участки должна стать обязательной передача Сертификата, отражающего плодородие и экологическое состояние почв участка. Говорить о каком-либо сохранении почвенных ресурсов, повышении плодородия почв, экологической безопасности бессмысленно без систематических почвенно-экологических обследований, без упорядочивания на государственном уровне учета плодородия и экологического состояния почв земель сельскохозяйственного назначения. Развернутая информация о состоянии почвенных ресурсов крайне необходима также для организации рационального природопользования в целом.

УДК 631.4

РОССИЙСКИЙ БАНК МОДЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ КАК СРЕДСТВО СБОРА И
СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ И ИСТОЧНИК
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ НОРМАТИВОВ

А.С. Фрид

Почвенный институт им. В.В.Докучаева Россельхозакадемии, Москва, asfrid@mail.ru

Автоматизированный банк моделей плодородия ПЛОМОД начал разрабатываться в конце 1980-х годов с охватом всей территории СССР. Предполагалось, что на основе его методологии и программного обеспечения будут создаваться республиканские и региональные банки. Сам банк ПЛОМОД начал функционировать с 1990-го года. После распада СССР банк стал преимущественно российским. Кроме одной попытки, желающих создать республиканский или региональный банк до настоящего времени не нашлось.

База данных банка официально зарегистрирована в РосАПО (№ 940027) как «Автоматизированная база моделей плодородия ПЛОМОД (БД ПЛОМОД)» в 1994 году. К концу 2010-го года база данных содержит около 2600 моделей. Информация о содержимом БД публикуется в виде «Аннотированных перечней моделей плодородия в автоматизированном банке «ПЛОМОД»», которых вышло 5 выпусков, и готовится шестой. В этой серии изданий содержатся аннотации всех моделей, сформированные автоматически по стандартной схеме и дающие краткую информацию о модели, помогающую при необходимости осуществить поиск в БД для получения полного описания модели.

БД оформлена в виде серии dbf-файлов (СУБД dBase III+ и выше), прикладные программы обеспечивают стандартные и нестандартные процедуры введения, корректировки, поиска и т.д.

Для систематизации информации, вводимой в БД, разработано и опубликовано «Методическое руководство по описанию моделей плодородия для автоматизированного банка «ПЛОМОД» (М., 1989. 104 с.). В руководстве описаны принятые в этой работе основные термины и определения, дана типизация вводимых информационных моделей плодородия (шкалы обеспеченности растений, комплексные модели обеспеченности растений, модели равновесных взаимосвязей почвенных свойств, модели круговорота и баланса вещества и энергии, динамические модели). Показатели плодородия сгруппированы в 13 блоков, по каждому блоку дан рекомендуемый список показателей, но он не закрытый.

В банке использован целый набор классификаторов (которые также приведены в руководстве) для унификации и сопоставимости описаний моделей: административный, почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного (ПСЕХОРА) районирований, классификация почв 1977 г., классификация систем земледелия и севооборотов (по ГОСТ 16265-89). Форма представления содержательной части моделей может быть табличной и в виде математической формулы. В последнем случае к описанию модели может быть добавлена прикладная программа для расчетов.

Практика подготовки модели к введению в БД выглядит следующим образом: просмотр литературы, экспертный и статистический (при необходимости) анализ найденных данных для оценки формальной и содержательной их пригодности для составления модели плодородия, составление описания модели и введение её в БД.

Каждый тип модели представляется в виде совокупности стандартного набора форм (файлов) фиксированной или свободной структуры, отражающих географическую и почвенную привязку, сельскохозяйственную привязку, климатические и/или погодные условия, авторов и выходные данные публикации, содержательную часть самой модели. Показатели, имеющиеся в публикации, делятся на две группы: диагностические (изменяющиеся в рамках составленной модели) и фоновые (остающиеся неизменными и характеризующие конкретный фон, на котором разработана модель).

20-летний опыт работы с банком ПЛОМОД выявил, по крайней мере, два крупных направления его использования (помимо использования конкретных моделей для оценок и прогнозных расчётов). Не претендуя на охват всех опубликованных данных, информационное направление позволяет оценить, насколько тот или иной регион, конкретная почва, севооборот (сельскохозяйственная культура) и т.п. обеспечены моделями плодородия того или иного типа [1, 2]. Недостаточная обеспеченность есть повод для развёртывания соответствующих экспериментальных работ. В перспективе БД ПЛОМОД может стать составной частью баз данных различных ГИС для регионов и России в целом. Конечно, непрерывное расширение БД за счёт введения новых моделей требует периодического обновления этих оценок.

Второе направление связано с обобщением уже накопленных в БД моделей для составления тех или иных нормативов и опять-таки с оценкой обеспеченности этими нормативами тех или иных регионов, почв, культур [3]. Так как нередко модели плодородия от разных авторов оказываются противоречащими друг другу, то при разработке нормативов большую роль играют имеющиеся теоретические и экспертные представления. С расширением БД ПЛОМОД нормативы следуют периодически корректировать.

В качестве примера ниже приводятся некоторые оценки обеспеченности основных пахотных почв южно-таёжно-лесной зоны ЕТР.

Таблица 1. Информационные модели по данным банка ПЛОМОД на 2005 г.

Провинция ПСЕХОРА	Почва	Число моделей всех типов
Прибалтийская, всего 41 модель	Дерново-подзолистые	11
	Торфяные низинные освоенные	2
	Перегноино-карбонатные	1
	Другие	27
Западная, всего 12 моделей	Серые лесные	12
Среднерусская, всего 372 модели	Дерново-подзолистые	339
	Серые лесные	23
	Аллювиальные	7
	Дерново-карбонатные	3

Таблица 2. Нормативы значений свойств почв и прогнозы при антропогенных воздействиях.

Дерново-подзолистые почвы, 2010 год

Провинция ПСЕХОРА	Органическое вещество	Кислотность	Подвижный фосфор	Обменный калий	Физические свойства
Прибалтийская (восточная)	<u>Есть</u>	<u>Есть</u>	<u>Нет</u>	<u>Есть</u>	<u>Нет</u>
Среднерусская	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
	<u>Есть</u>	<u>Есть</u>	<u>Есть</u>	<u>Есть</u>	<u>Есть</u>
	Нет	Есть	Есть	Нет	Есть

Обозначения: в числителе – нормативы значений, в знаменателе – нормативы прогнозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрид А.С. Обеспеченность территории России региональными информационными моделями плодородия // Бюл. Почв. ин-та им. В.В.Докучаева. Вып. 60. М., 2007, с.56–70.
2. Фрид А.С. Обеспеченность Нечернозёмной зоны ЕТР динамическими моделями плодородия для оценки изменений свойств пахотных почв от антропогенных воздействий // Матер. V Всеросс. съезда общества почвоведов. Ростов-на-Дону. 2008, с.207.

3. Фрид А.С., Кузнецова И.В., Королёва И.Е., Бондарев А.Г., Козут Б.М., Уткаева В.Ф., Азовцева Н.А. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях. М.: ГНУ Почвенный ин-т им. В.В.Докучаева, 2010, 176 с.

Секция 5
Экология и охрана почв

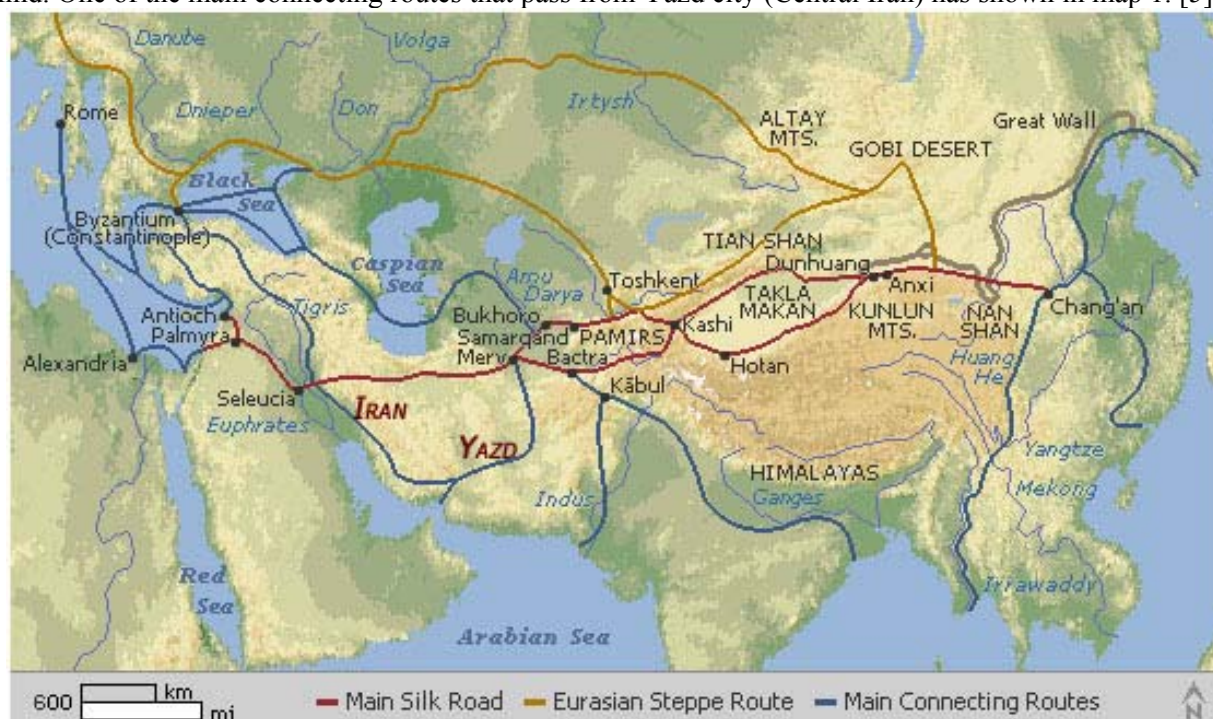
URBANOSOLS IN DIFFERENT EPOCHS OF CIVILIZATION
 IN THE CENTRAL IRAN (YAZD CITY)
 УРБАНОСОЛИ В РАЗНЫХ ЭПОХАХ ЦИВИЛИЗАЦИИ
 В ЦЕНТРАЛЬНОМ ИРАНЕ (ГОРОД ЙЕЗДА)

M. Akhavan-Ghalibaf and M. Heidari

PhD, Assistant professor in soil science department, makhavan_ghalibaf@hotmail.com,
 makhavan@yazduni.ac.ir

Natural Resources Faculty, Yazd University, Iran

Yazd City located on the alluvial and colluvial fans from early to late quaternary depositions. The Yazd city that is situated in the lowlands of the mountainous Yazd watershed has imparted a strategic case from past as Silk Road to now in the intermediate highway from Tehran (North) to Bandar-Abbas (south) in the Central Iran. For more than thousands of years Great Silk Road linked many countries and its people by means of peaceful activities such as trade, culture and spiritual exchanges that is unique to all mankind. One of the main connecting routes that pass from Yazd city (Central Iran) has shown in map 1. [5].

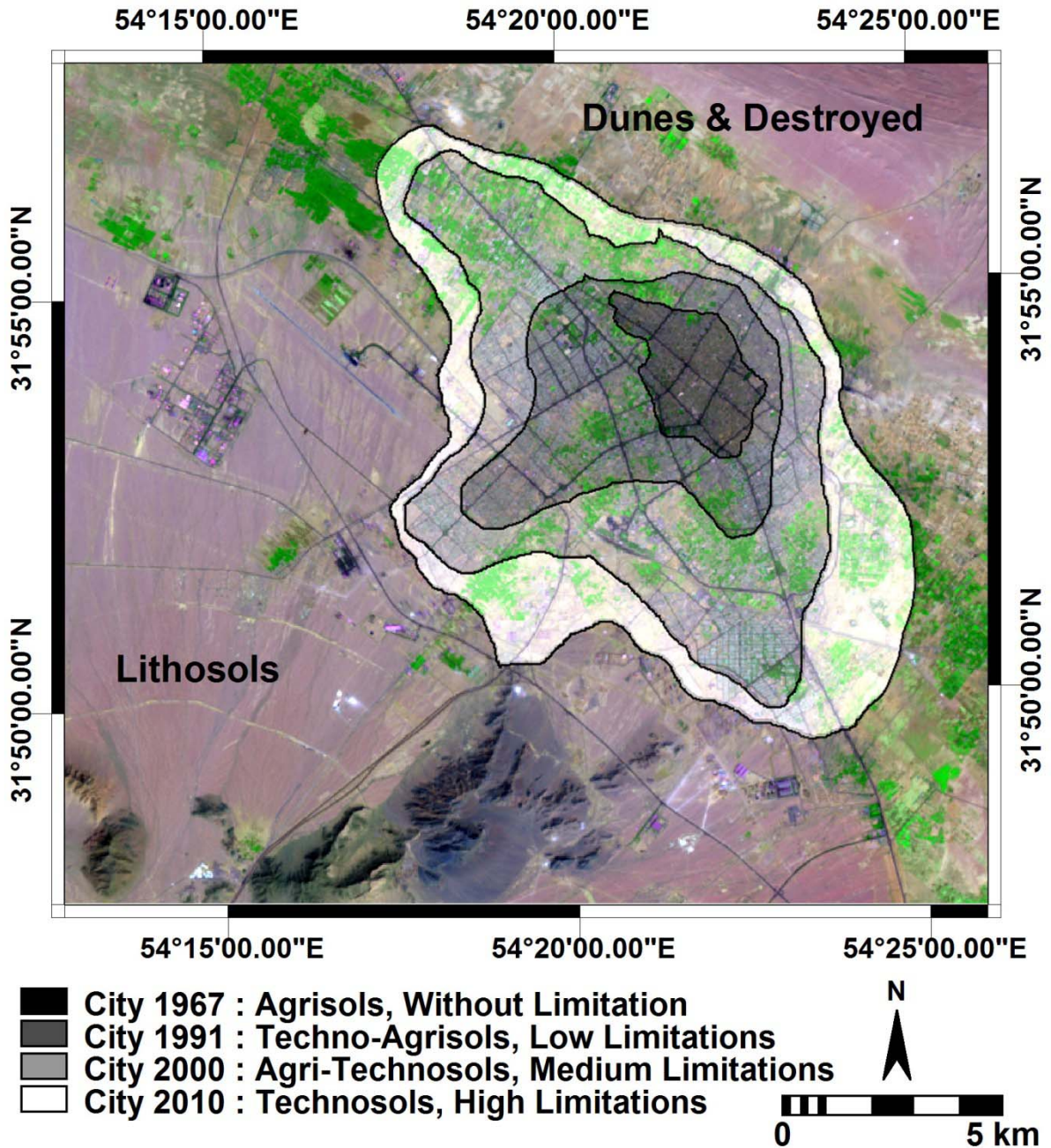


Map 1: Silk Road and main connecting routes in Iran (South West of Asia) [5].

According to the Yazd City history from more than 2000 years ago to now can be seen the chronologic sequences and the man affected soils in the process of Yazd urbanization. The Urbanosols in Yazd are just connected to the steps of Civilization and cultural history of Yazd.

The urbanization periods were surveyed on the Landsat Image (ETM⁺ 2000) by ILWIS software in 4 step with attention to ancient Air photos and Historical phenomena (map 2).

The first step of civilization in Yazd city because of minimum technological pollutions can be defined as Agrisols, without limitations. This epoch has been continued to 1967. Because of construction materials in this epoch that were none burned brick and none ceramic and concrete materials urbanosols [4] have Agrisols [1] character. From 1967 to 1991 because of technological processes and more usage of burned bricks and concretes in civil engineering the Urbanosols start to show technological limitations and to decrease their fertility. In this epoch Techno-Agrisols have generated. From 1991 to 2000 years these processes were continued more intensely and result in Agro-Technosols in Yazd Urbanosols area. These technological processes in constructions can be seen now but because of more vertical growing of city by construction of apartments instead of villas the quantity of area in last epoch of civilization has decreased. The natural soils in the north of Yazd because of brick maker activities were changed to destroyed lands sand dunes and in south Lithosols are major soil groups.



Map 2. The soils correlated to different epochs of the Yazd city development.

REFERENCES

1. *FAO Corporate Department Repository*. 2006. Lecture Notes on the Major Soils of the World. Mineral Soils Conditioned by Man, Anthrosols(AT). Agriculture Department. 6 p.
2. *ILWIS 3.0 Academic*.2001. User's Guide, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), The Netherlands.520 p.
3. *Rossiter D. G.*2006. Classification of Urban and Industrial Soils in the World Reference Base for Soil Resources (WRB). International Institute for Geoinformation Science & Earth Observation (ITC). 15 p.
4. *Stroganova M. and T. Prokofieva.* 1997. Urban Soils Classification for Russian Cities of Taiga Zone. European Soil Bureau. Research Report No. 7.
5. www.east-site.com/images/silk_road_map.gif

THE EFFECTIVENESS OF IRON AND HUMATE IN ALLEVIATING IRON CHLOROSIS IN APPLE TREES IN KONYA-KARAMAN REGION

Fatih Er¹, Mehmet Ogut¹, M. Ruştu Karaman²

¹Selcuk University, Cumra Higher Educational College, Cumra-Konya, TURKEY

²Gaziosmanpaşa University, Agricultural Faculty, Soil Science Department, Tokat, TURKEY

The effect of different iron and humic compounds in uptake of iron was investigated in calcareous apple gardens. Treatments such as Fe, humate and Fe-humate were not as effective as FeEDDHA to correct chlorosis in such calcareous conditions. From micro elements, available Cu, Mn and Fe levels were found to be adequate. However, available Zn and B were inadequate in soils of assay orchard. According to results of plant nutrition element analyses of leaf samples, N, P, B, u and total-Fe were sufficient, K, Ca, Mg, S and Zn were insufficient.

Key words: Iron, humate, chlorosis, apple trees

UDK 631.46

EVALUATION OF DIFFERENT ORGANIC MATERIALS AS A CARRIER FOR *AZOTOBACTER CHROOCOCCUM*

Ridvan Kizilkaya¹, Olga Khusainova²

¹ Assoc.Prof.Dr. Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science,
55139, Samsun, Turkey, ridvank@omu.edu.tr, Phone: +90 362 3121919

² The Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia

ABSTRACT

Azotobacter chroococcum is able to increase nitrogen contents of soils by fixing free-nitrogen of atmosphere into soil and increase plant production by synthesized metabolites. Therefore they are commonly used as biological fertilizer material. Organic materials are mostly used in inoculation of *A.chroococcum* directly with seed or soil. However, every *Azotobacter* strain is not able to exhibit maximum growth in all organic materials. In this study, organic material over which *A.chroococcum* RK49 strain showed the ideal growth was tried to be determined. Efficiency and N fixation capacity of RK49 were previously determined and 10 different organic waste materials were used in this study. Following the incubation experiments, peat material was determined as the ideal organic material for *A.chroococcum* RK49 strain.

Key words: *Azotobacter*, *A.chroococcum*, bio-fertilizer, carrier, organic material

INTRODUCTION

Alternative agricultural forms like organic farming, biological agriculture and sustainable agriculture are frequently pronounced and implemented during the recent years because of negative impacts of chemical fertilizers and fertilizer additives, used to increase plant production in agriculture, over environment and human health (Kizilkaya, 2004). Bio-fertilizer application is the leading environment-friendly practice in these alternative agricultural implementations. Microorganisms, of which efficiencies are previously determined by experiments, are used as biological fertilizer material and seed or soil is inoculated with these microorganisms. Significant increases can be achieved in plant production and soil fertility by inoculating seeds or soil with proper high-efficiency microorganisms (Döbereiner, 1997). Various carrier materials like peat, perlite, rock phosphate, fly ash or wheat straw are used to introduce the microorganisms used as inoculation material into seed or soil (Gaind and Gaur, 1990, 2004; Daza et al., 2000). These carrier materials are not constant for every microorganism. They should contain C, energy and other nutrients needed by the microorganisms after inoculation, able to supply proper life medium for microorganism and able to provide a high activity and vigor. Beside this, these carrier materials should easily be obtained and cost-effective for widespread utilization.

In this study, possible practical utilization of *Azotobacter chroococcum* RK49 isolate, of which efficiency were determined by greenhouse and field experiments, as biological fertilizer material was evaluated and growth and life conditions of the isolate within various carrier organic materials were investigated.

MATERIALS AND METHODS

Bacterial strain and growth conditions

Azotobacter chroococcum RK49 isolate was used as bacteria strain in this study. This isolate was supplied from the collection of Microbiology Unit of Plant Nutrition and Soil Science Department of Ondokuz Mayıs University Agricultural Faculty. Soil conditions from which *A.chroococcum* RK49 strain was isolated and N fixation capacities in pure culture were provided in Kizilkaya (2009), impacts of isolate over plant production under greenhouse and field conditions were provided in Kizilkaya (2008), 16 S ribosomal RNA results were provided in Kizilkaya et al. (2010). Stock cultures of *A.chroococcum* RK 49 strain at -30°C and in 25 % glycerol was used by augmenting in Ashby culture, Γ^{-1} (glucose 5 g, mannitol 5 g, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1 g, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 5 mg, K_2HPO_4 0.9 g, KH_2PO_4 0.1 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01 g, CaCO_3 5 g, Agar 15 g, pH 7.3).

Carriers and inoculants production

Wheat straw, rice waste, hazelnut husk, tobacco waste, corn waste, tea waste, soybean waste, sunflower waste, 2 different peat and leonardite were used as carrier materials. These organic materials were dried at 65°C , grinded, sieved through 0.074 mm sieve and sterilized in an autoclave for 4 hours at 121°C . Organic material characteristics were determined in accordance with Jones (2001). Activation of *A.chroococcum* RK 49 strain stored as stock culture at -30°C in 25 % (v/v) glycerol was realized under aseptic conditions and 72-hour cultures (10^9 CFU/ml) were formed within liquid Ashby culture in a shaker incubator (30°C – 125 rpm). 50 ml liquid culture added over oven-dried 100 g organic materials; sterilized distilled water as dry-weight based 50 % of maximum water holding capacity of organic material added over this mixture; mixed and then the mixtures were placed into 0.0375 mm polyethylene bags both able to supply gas exchange and to keep the moisture at desired level. 3 repetitions were prepared for all mixtures. Mixtures were kept at 30°C for 4 months and samples were taken each month. These samples were used to count viable cells in *A.chroococcum* RK49 isolate by using dilution plaque method (Lorch et al., 1995) with 3 repetitions.

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of organic materials used as carrier material in this study were given in Table 1. It was observed that carrier materials had significantly different characteristics from each other. While Peat-2 had the highest water holding capacity, leonardite had the lowest water holding capacity. Tea residues had the lowest pH and sunflower residues had the highest pH. Tobacco residues had the highest salinity and leonardite had the lowest salinity. While Peat-1 had the lowest C/N ratio, sunflower residues had the highest C/N ratio.

Table 1. Characteristics of organic materials used in experiments.

Organic material	Water holding capacity, %	pH (1:10)	EC, dSm^{-1}	C/N	N, %	P, %	K, %	Ca, %
Wheat straw	686	7.1	3.1	100	0.48	0.10	2.81	0.41
Rice waste	325	6.2	2.3	87	0.52	0.08	2.17	0.21
Hazelnut husk	499	5.3	3.9	68	0.77	0.11	5.34	0.36
Tobacco waste	316	5.4	7.1	22	1.93	0.18	3.66	2.86
Corn waste	732	6.0	2.4	75	0.71	0.18	1.92	0.23
Tea waste	369	5.2	3.2	18	3.01	0.25	4.06	0.12
Sunflower waste	374	9.5	2.1	115	0.45	0.06	3.40	0.49
Soybean waste	423	6.0	3.8	88	0.58	0.06	3.77	0.55
Peat – 1	392	7.0	1.4	37	1.32	0.07	0.17	2.20
Leonardite	153	7.2	0.7	46	0.75	0.08	0.11	3.89
Peat – 2	884	5.5	1.0	97	0.51	0.11	0.24	0.65

Viable-cell counts of *A.chroococcum* RK49 isolate mixed with carrier organic materials after 4-months of incubation period were presented in Figure 1. Based on the viable cell counts in mixtures with carrier organic materials (Figure 1) at the end of 120th day, it was observed that peat-1 and peat-2 had the highest number of viable cells of *A.chroococcum* RK49 strain. Viable *A.chroococcum* cell was not observed in tobacco waste at the end of 90th and 120th days. Beside peat-1 and peat-2, corn and sunflower

wastes had high amounts of viable *A.chroococcum* RK49 cells at the 60th day of incubation period, but significant decreases in number of viable cells were observed during the proceeding periods of incubation. Results indicated that peat material was the best proper carrier material for *A.chroococcum* RK49 strain. Although peats had significantly different pH, salinity and nutrient content values from each other, they had the highest number of viable cells than the other materials.

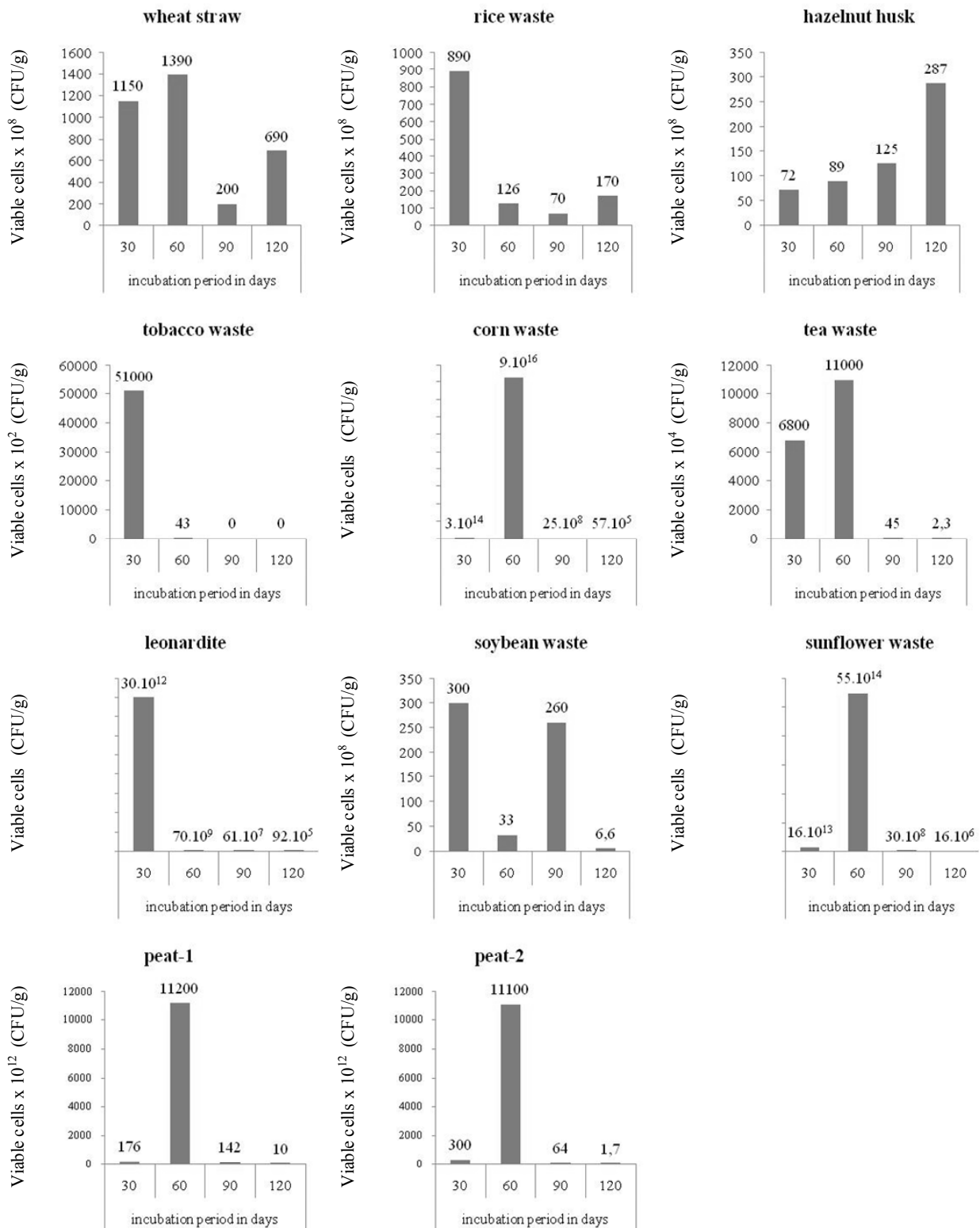


Figure 1. Number of viable cells of *A.chroococcum* RK49 strain in different organic materials

ACKNOWLEDGEMENT

This paper is a part of project supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) with a project number of 104O556.

REFERENCES

1. Daza, A., Santamaria, C., Rodriguez-Navarro, D.N., Camacho, M., Orive, R., Temprano, F. 2000. Perlite as a carrier for bacterial inoculants. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 567–572.
2. Döbereiner, J., 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 771–774.
3. Gaind, S., Gaur, A.C., 1990. Shelf life of phosphate solubilizing inoculants as influenced by type of carrier, high temperature and low moisture. *Canadian Journal of Microbiology* 36, 846–849.
4. Gaind, S., Gaur, A.C., 2004. Evaluation of fly ash as a carrier for diazotrophs and phosphobacteria. *Bioresource Technology* 95, 187–190.
5. Jones, J.B.Jr. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press. 363 p.
6. Kizilkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B., Sağlam, M., 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology* 40, 95–102.
7. Kizilkaya R., 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33, 150–156.
8. Kizilkaya, R., 2009. Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *Journal of Environmental Biology* 30(1), 73–82.
9. Kizilkaya, R., A. Sazak, N. Sahin, 2010. Isolation, characterisation and identification of native *Azotobacter* spp. Strains. In: *Proceedings of the International Soil Science Congress on Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality*. R.Kizilkaya, C.Gulser, O.Dengiz (eds.), May 26–28, 2010. Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey. pp. 202–205.
10. Lorch, H.J., Benckieser, G., Ottow, J.C.G., 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water. K. Alef, P. Nannipieri (eds.) In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. pp.146–161.

THE SELECTION OF GRAFTED MAHALEB CULTIVARS (*PRUNUS MAHALEB* L.) THAT ARE RESISTANT TO HIGH CaCO_3 CONTENTS IN SOIL

Mehmet Ogut and Fatih Er

Selcuk University, Cumra Higher Educational College, Cumra-Konya, TURKEY

Grafted M106, M11, M26, M9 and non-grafted mahaleb cultivars, which were commonly used in Konya, Karaman, and Cumra regions were employed in this research. The plantlets were grown in 30 cm plastic growth pouches, which contained soil with varying CaCO_3 contents: low (0–1 %), low-medium (1–5 %), medium (5–15 %), high (15–25 %) and very high (25 %). The chlorophyll contents, macro and micro elements, plant height, plant radius development were measured in the plants to determine the effects of CaCO_3 . The experimental soils have clayey contents, slightly alkaline, and low in macro and micro elements. In terms of plant height development, M 106, M11, and M9 types are resistant to CaCO_3 , and the rest of them are sensitive to CaCO_3 . The mineral contents of leaves of mahaleb plantlets grown in soils with varying CaCO_3 contents: N, 2.07–3.42 %; P, 0.18–0.49 %; K, 0.78–2.92 %; Ca, 0.79–1.13 %; Mg, 0.26–0.60 %, S, 0.37–1.15 %; Fe, 211–516 ppm; Zn, 9–75 ppm; B, 27–48 ppm; Cu, 0.05–0.16 ppm; Mn, 71–249 ppm. As the CaCO_3 content increased, chlorophyll content decreased dramatically.

Key words: Mahaleb, CaCO_3 resistance, plant nutrients, soil.

SPATIAL VARIATION OF TOTAL ORGANIC CARBON AND NITROGEN IN SOILS OF AMASYA GOKHOYUK AGRICULTURAL ENTERPRISE

Mustafa Saglam¹, Yakup Cikili², Sabit Ersahin³, Hasan S. Öztürk⁴¹Assoc.Prof.Dr. Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, 55139, Samsun, Turkey, mustafa.saglam@omu.edu.tr, Phone: +90 362 3121919²Duzce University, Çilimli Vocational High School,

Department of Plant and Animal Production, Düzce, Turkey.

³Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Çankırı, Turkey.⁴Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, Ankara, Turkey.

ABSTRACT

In this study, total organic carbon, total nitrogen and C/N ratios of soils of Amasya Gökhöyük Agricultural Enterprise were investigated. A total of 298 soil samples were taken at 0–30 cm depth from 1750 ha land area. Samples were taken from the intersection points of 500x500 m grid surfaces and at 5, 15, 35, 65, 105, 215, 295, 395 m distances after the initial point of transect lines. Beside the specified characteristics, clay, silt, sand, pH, lime and total organic material analyses of soils were performed and correlations among these characteristics were evaluated. Correlations between total organic carbon, total nitrogen, C/N ratio and clay, sand, pH were found to be significant. While total organic carbon and total nitrogen were higher in alluvial lands, higher C/N ratios were observed over colluvial lands. Low nugget values for each characteristics indicated that spatial variation of specified characteristics realized over large distances.

Key words: Spatial variability, kriging, total organic C, total N, C/N.

INTRODUCTION

Soil characteristics vary with changing interactions among time, parent material, topography, climate, organisms (Jenny 1941) and with different soil tillage methods over both untouched lands and heavily cultivated lands (Robertson et al. 1997). Cultivation brings more heterogeneity to variation in soil characteristics through man-made impacts. These variations create significant impacts over both ecological processes and social structure (Ettema and Wardle 2002; Gallardo and Parama 2007). Journel and Huijbregts (1991) indicated that geostatistical analysis should be performed over soil characteristics since they exhibit significant spatial dependency. While there was limited knowledge about variations in soil characteristics, significant developments were achieved in determination, evaluation, analysis and management of spatial changes in soil characteristics during the last decay by using computer technologies, geographical information systems (GIS), global positioning systems (GPS), remote sensing and geostatistical analysis methods. Total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) are the most significant indicators of soil quality and they play an important role in diminishing the impacts of global warming and soil degradation and improving food security and plant production (Li et al. 2000; Wang et al. 2001; Lal 2004; Yimer et al. 2007). Understanding land-scale spatial variation in TOC and TN provide an important tool in modeling and interpretation of ecosystems researches, prevention and control of soil erosion and improving soil management practices over heavily degraded lands (Wang et al. 2003). While topography indirectly effects temperature, runoff, soil erosion and some soil characteristics especially TOC and TN (She and Shao 2009), cropping pattern over the land and consequent organic material accumulation and decomposition may either positively or negatively affect the variation in soil characteristics. Land utilization is a supplementary component of some environmental factors effecting soil variation (Wang et al. 2003) and it controls organic carbon input and output of soil system (Fu et al. 2000; Wang et al. 2003). Dry and irrigated farming are implemented in Gökhöyük Agricultural Enterprise with intensive traditional agricultural practices. Wheat, sunflower, common vetch, chickpea, anion, sugar beet and clover are grown in the enterprise in dual or triple crop rotation. Objectives of this study are to determine TOC, TN and C/N ratios of soils of enterprise with different physiographical units, textures, land utilizations and cropping patterns and to evaluate the spatial variations of these characteristics.

MATERIALS AND METHODS

Gökhöyük Agricultural Enterprise is located on southwest of Amasya Province between 722488–729025 m (35° 37' 42.18"–35° 42' 12.68") eastern longitudes and 4490350–4495915 m (40° 31' 50.44"–

40° 34' 57.14") northern latitudes. Annual average precipitation is 437.0 mm, temperature is 13.5 °C and altitude is 500 m from the sea level. Total land area of the enterprise is 2 605 ha and is composed of 10 different soil series. Most of land sources lies along the northern section of Çekerek Creek. Research area is about 1 750 ha and is composed of 6 different soil series (Anonymous 1984). Research site contains mostly colluvial lands covered with deposited sediment coming from high elevations and alluvial lands composed of Çekerek Creek deposits. Soil samples were taken from the intersection points of 500x500 m grid surfaces and at 5, 15, 35, 65, 105, 215, 295, 395 m distances after the initial point of transect lines. A total of 74 polygon points were placed at 500 m distance along east-west and north-south direction and 28 transect points (28x8=224) were placed between these polygon points; therefore soil samplings were made at 298 (74+224=298) points from 0–30 cm soil depth. Texture (percent clay, silt and sand), pH, EC, total organic material and TN analysis were performed over these soil samples. TOC was calculated from total organic material. During the geostatistical analysis about the variable, the best semivariogram model was calculated by determining the active separation distance with the highest correlation coefficient (r) and the lowest Residual Sum of Squares (RSS), then cross-validation was performed after each semivariogram and the degree of relationship between the measured and calculated values was evaluated. Following the determination of semi-variogram parameters, kriging maps showing the spatial variation were created by using ArcGIS 9.3 software. GS⁺ (version 7.0) was used in calculation of semivariogram parameters. SPSS (version 15.0) software was used to evaluate the correlations among the data set.

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis results indicated that the highest and the lowest TOC, TN and C/N ratios varied between 6.34–33.31 g/kg; 0.36–4.90 g/kg ve 2.96–43.75, respectively. Significant relationships were observed between TOC of research site and sand content (p<0.01) and clay content (p<0.05) and the highest TOC values were seen over transition region of alluvial and colluvial lands (Figure 1). Higher TOC values were observed in alluvial lands then colluvial lands. Higher TOC values of alluvial lands may be due to higher amounts of clay and silt deposits and consequent higher water holding capacity and available water of these lands, implementation of irrigated farming systems, higher amounts of organic material gain and accumulation of these sites based on cropping pattern. Higher clover cultivation over alluvial land instead of wheat and cultivation of sunflower, corn and sugar beet led these land to have higher TOC values. When the spatial variation parameters for TOC were evaluated, it was observed that range (A₀) was 1335 m, nugget (C₀) was 0.0036, nugget/(nugget+sill) ratio (C₀/C₀+C) was 5.8 % (Table 1).

Table 1. Semivariogram parameters for soil properties

Soil Properties	Model	C ₀	C ₀ +C	A	R ²	RSS	C ₀ / C ₀ +C
Total org. C, g /kg	Exponential	0.0036	0.0582	1335	0.963	4.199E-05	5.8
Total N, g /kg	Spherical	0.0199	0.087	1072	0.977	6.305E-05	18.6
C/N ratio	Exponential	0.0206	0.0627	1608	0.88	4.475E-05	24.7

Low C₀/ C₀+C ratio indicates that TOC exhibited powerful spatial relationship and didn't showed variations in short distances (Camberdella et al. 1994; Erşahin 1999). Low nugget values indicate that selected sampling pattern and distances were suitable for determination of spatial variation of TOC. Significant correlations were observed between total N and clay content (p<0.01) and sand content (p<0.01). While the highest TN values were seen over transition region of alluvial and colluvial lands, alluvial lands had higher TN values than colluvial lands (Figure 1).

Higher TN values over alluvial lands can be explained by cultivation of clover, chickpea, common vetch and other legumes over these lands. Higher TN values over especially clover cultivation lands may be related to higher organic material content of these lands. When the spatial variation parameters of TN were evaluated, it was observed that range (A₀) was 1072 m, nugget (C₀) was 0.0199, nugget/(nugget+sill) ratio (C₀/C₀+C) was 18.6 % (Table 1). Low C₀/ C₀+C ratio indicates that TN exhibited powerful spatial relationship and didn't showed variations in short distances (Camberdella et al. 1994; Erşahin 1999). Low nugget values indicates that selected sampling pattern and distances were suitable for determination of spatial variation of TN. Significant correlations were observed between C/N ratios and sand content (p<0.05) and clay content (p<0.01) and pH (p<0.01).

While the highest C/N ratios were observed over alluvial lands, high C/N ratios were also seen over colluvial lands (Figure 1). High C/N ratios of colluvial lands may especially be related to cropping pattern over these lands. Generally dry farming is implemented over these lands, therefore available water level of these lands are lower than colluvial lands and cropping pattern is limited by available water. Common ap-

plication of wheat x wheat and wheat x fallow cropping patterns reduce the N content and consequently increase C/N ratios of these lands. Low C_o/C_o+C ratio indicated that C/N ratio exhibited powerful spatial relationship and didn't showed variations in short distances (Camberdella et al. 1994; Erşahin 1999). Low nugget values indicate that selected sampling pattern and distances were suitable for determination of spatial variation of C/N ratio (Table 1). Cultivation of legumes like clover, chickpea, common vetch with high C/N ratios over these colluvial lands can be recommended to reduce C/N ratios of these lands.

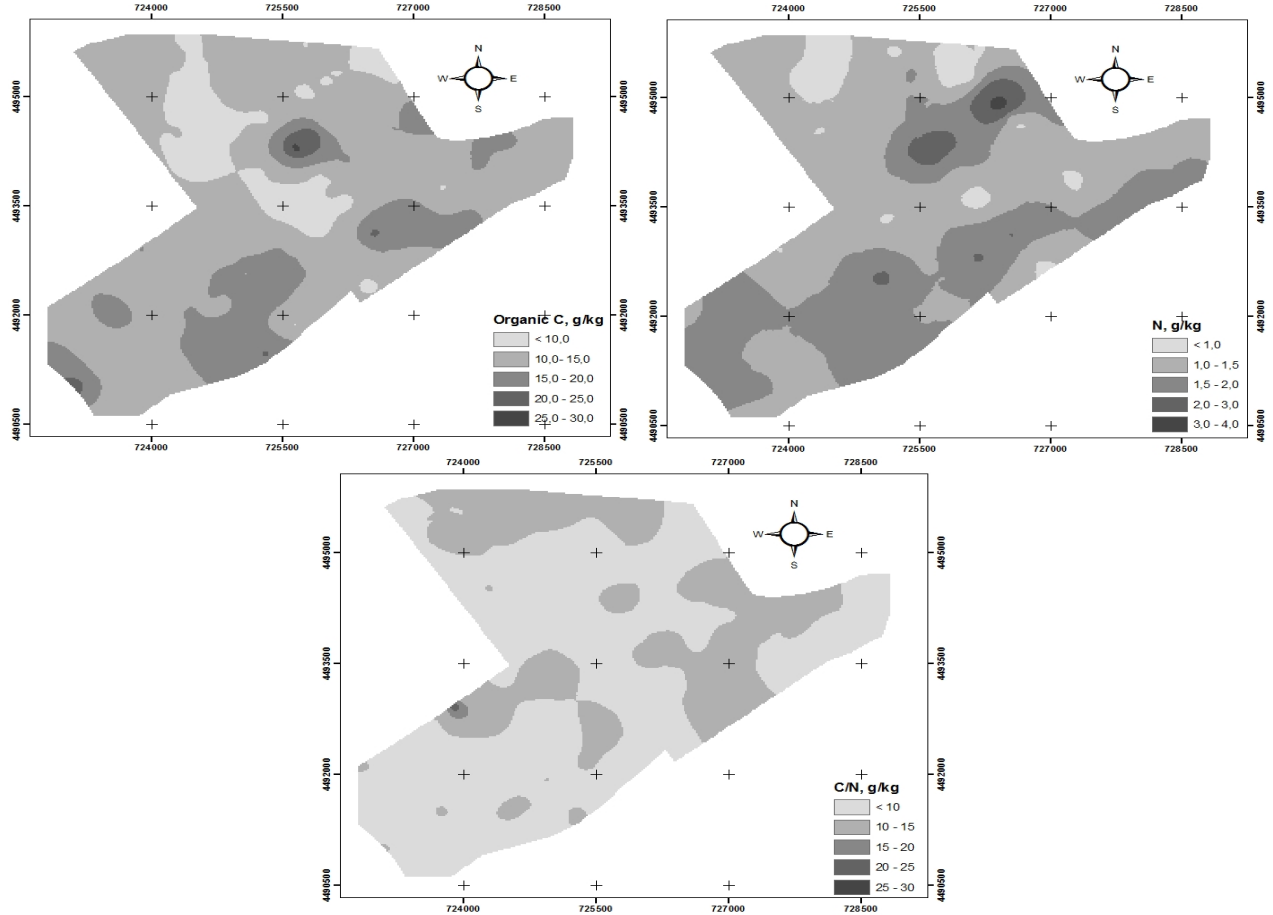


Figure 1. Distribution maps of organic C, total N and C/N ratios over research site

REFERENCES

1. *Anonymous*. 1984. Gökhöyük Tarım İşletmesi Topraklarının Etüd ve Haritalanması. TİGEM, Ankara.
2. *Bouyoucos, G.J.* 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Agronomy Journal*, 43(9), 434-438.
3. *Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S.*, 1982. Nitrogen-Total. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy monograph No. 9: 595-625. 2nd ed. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
4. *Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E.* 1994. Field-Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1501-1511.
5. *Çağlar, K.Ö.* 1958. Toprak İlmi A.Ü. Ziraat Fakültesi yayımları, No: 10, Ankara
6. *Erşahin, S.* 1999. Aluviyal Bir Tarlada Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal (Spatial) Değişkenliğinin Belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 13 (19), 34-41.
7. *Ettema, C.H., and Wardle, D.A.* (2002). Spatial soil ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 177-183.
8. *Fu, B.J., Chen, L.D., Ma, K.M., Zhou, H. F., and Wang, J.* (2000). The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shannxi, China. *Catena*, 39, 69-78.
9. *Gallardo, A., and Parama, R.* (2007). Spatial variability of soil elements in two plant communities of NW Spain. *Geoderma*, 139, 199-208.

10. Hendershot, W.H., Lalonde, H. and Duquette, M. 1993. Soil Reaction and Exchangeable Acidity. In *Soil Sampling and Methods of Analysis*, M.R.Carter (ed.), Canadian Society of Soil Science.
11. Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
12. Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill Book Company. p:15.
13. Journel, A.G. and Huijbregts, C.H.J. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Pres. London.
14. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304, 1623_1627.
15. Li, Z.P., Cheng, L.L., and Lin, X.X. (2000). Accumulation of organic matter in infertile red soils and its ecological importance. *Pedosphere*, 10, 149_158.
16. Robertson, G.P., Klingensmith, K.M., Klug, M.J., Paul, E.A., Crum, J.R. and Ellis, B.G. 1997. Soil Resources, Microbial Activity and Primary Production Across an Agricultural Ecosystem. *Ecol. Appl.*, 7(1), 158–170.
17. She, D. L., and Shao M. A. (2009). Spatial variability of soil organic C and total N in a small catchment of the Loess Plateau, China. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 59: 514–524.
18. Wang, J., Fu, B.J., Qiu, Y., and Chen, L.D. (2001). Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. *Journal of Arid Environments*, 48, 537–550.
19. Wang, J., Fu, B.J., Qiu, Y., and Chen, L.D. (2003). Analysis on soil nutrient characteristics for sustainable land use in Danangou catchment of the Loess Plateau, China. *Catena*, 54, 17–29.
20. Yimer, F., Ledin, S., and Abdelkadir, A. (2007). Changes in soil organic carbon and total nitrogen contents in three adjacent land use types in the Bale Mountains, south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 242, 337–342.

UDK 631.4

SOIL COMPACTIBILITY IN RELATION TO AGRICULTURAL LIMITS, POTASSIUM CONTENTS AND CATION EXCHANGE CAPACITY

Oğuz Başkan

Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute, Yenimahalle, Ankara, Turkey, E-mail:
ogbaskan@yahoo.com, Phone: +90 312 3156560

ABSTRACT

Fifty-six soil samples were collected and agricultural limits such as saturation (Sat), field capacity (FC), permanent wilting point (PWP) and plant available water (PAW), potassium (AwK) and phosphorus (AwP) contents, total nitrogen (TN), cation exchange capacity (CEC), bulk density (BD) and compaction (MDW) were determined in the research area. Results showed that clay content is the main factor that effect compaction (MDW), agricultural limits, potassium contents and cation exchange capacity. Soil compaction has a major negative affects on agricultural limits, mainly water use efficiency. Low organic matter content prevents explain relationship between OM and MDW. Significant relationship was found between AwK content and MDW. Soil compaction reduces AwK uptake. Depend on the clay content, CEC values were high and negative significant relationship MDW.

Keywords: Soil compaction, agricultural limits, potassium, cation exchange capacity

1. INTRODUCTION

Soil compaction is defined as the method of mechanically increasing the density of soil. Soil compaction is the main form of soil degradation which effects 11 % of the land area in the surveyed countries in the world (van Lynden and Oldman, 2000). It can reduce plant growth, reduce root penetration, restrict water and air movement in the soil, result in nutrient stresses, and cause slow seedling emergence. As a result of that, anaerobic conditions in compacted soil and reduced plant phytomass will increase nutrient losses from soil and cause higher environmental pollution (Lipiec and Stepniewski, 1995) especially when high fertilization are used.

Soil compaction has become more of a problem in recent years due to increased equipment size and lack of crop rotations. Soil sensitivity to compaction depends on soil properties, mostly soil texture (especially clay content) and structure (Hakansson and Lipiec, 2000). However soil water content is the most important factor in making decisions about cultural operation.

The objective of this study was to determine relationships among soil compaction on agricultural limits, soil potassium content and cation exchange capacity.

2. MATERIALS and METHODS

Characteristics of the research area

Study area, mostly covers Lake Mogan Watershed of 981 km² land and Gölbaşı Special Protection Region, is located in 25 km South of Ankara, is about 350 km². Average annual precipitation is 410.5 mm, and evaporation is 1141.6 mm. The most rainy months are April and May with 51.3 and 48.2 mm, respectively, while September is the driest month with 13.7 mm rainfall. Mollisols occupy the largest land with 10967.4 ha which were followed by Inceptisols (10660.8 ha), Entisols (8739.7 ha), and Alfisols (2229.5 ha). Salt affected alkali soils coincided with high water table (1477 ha) (Dengiz, 2002). Dominating soil texture classes were clay (61.6 %) and clay loam (26.8 %). Elevation ranged between 890 and 1402 m.

Laboratory analysis

Soil compaction was determined using standard Proctor test. Compaction was done different moisture contents using 15 and 25 blows from a standard proctor hammer in a cylindrical mould dimensions. The compacted soil was weighted to determine dry bulk density and moisture of the compacted soil was determined gravimetrically. Texture was analyzed with hydrometer method on organic matter and carbonate free samples. Bulk density (BD) was determined proportion of dry soil to total volume using undisturbed soil samples. Soil moisture characteristics were determined using porous plates. Undisturbed soil samples were used to determination of FC. OM content was determined by the method of modified Walkley-Black. CEC was determined using sodium acetate (NaOAc, adjusted 8.2 pH) and ammonium acetate (NH₄OAc, adjusted 1 N). K₂O was determined using ammonium acetate.

3. RESULTS and DISCUSSION

Mechanical analysis of the soils indicated that textural classes varied from silty clay loam through clay loam to clay, with clay contents ranging from 11.0 % to 55.0 % (table 1). OM contents were all lower than 2 % representative of soils under semi arid conditions except that water logging area. Dry bulk densities were all in the range for mineral soils (Brady and Weil, 2002) and seemed to be influenced by clay content. In comparing maximum dry bulk density values to field dry bulk density, statistically relationship (0.676) was found between them (table 2). According the many research results the soils with higher clay and OM contents show lower bulk densities (Kay and Angers, 1999; Baskan, 2004). On the other hand due to low OM content (lower than 2 %) of the research area, no statistically relationships were found among OM, BD and MDW. Pearson's correlation coefficients for these parameters dry BD and clay content (-0.715), indicate a stronger link to clay content. As is many soil parameters, clay content is the main factor to control them. Agricultural limits were also behaviors according to clay content and Sat, FC contents were changed between 25–125 %, 16.9–53.7 % respectively. On the other hand, the most important negative effects on compaction limited water use efficiency. Compaction limited PAW and negative significant relationship was found between MDW and PAW (-0.601). Even if sufficient soil water is found in the profile, plants do not utilize efficiently soil water due to negative effect of compaction. Pearson's correlation coefficients indicated that strong relationships were found among agricultural limits and clay content. Relationships exist between soil structure, soil strength and compaction. It has been shown (Lado et al., 2004) that clay is important in aggregate formation through flocculation activities, and increasing concentrations result in increasing soil stability.

The descriptive statistics of soil properties are given in Table 1. The coefficient of the variation (CV) of the soil properties changed from 0.08 to 1.03. AwK, AwP and OM showed high CV. Phosphorus fertilization, parent material and subsurface water possibly effect the distribution of soil parameters and cause to high CV values.

Dry BD and penetration resistance for each soil increased with increasing soil water content until peak critical values occurred. Further increases in moisture content results in declined values. MDW values for a given compaction effort decreased with increasing clay content (Ekwue et al., 2002) and proportion of 2:1 expanding minerals, whilst the corresponding critical moisture content increased.

Soils with high CEC are soils with significant clay or organic matter content. The CEC contents of the research area soils were changed between 10.35–52.21 dS m⁻¹. Statistically negative significant relationships were found among the CEC, clay content and MDW (0.670 and -0.617 respectively). High clay content of the soils leads to increasing water holding capacity and CEC, and thus the compaction effects is reduced.

Table 1. Descriptive statistics of soil properties.

Properties	N	Min	Max	Mean	Std. Deviation	CV	Skewness	Kurtosis
Clay, (%)	56	11.00	55.00	33.46	9.48	0.28	-0.140	-0.158
Silt, (%)	56	13.00	47.00	33.55	8.53	0.25	-0.624	-0.380
Sand, (%)	56	8.00	72.00	32.98	15.47	0.47	0.848	0.032
Sat, (%)	56	25.00	125.00	64.86	23.77	0.37	0.842	0.276
FC, (%)	56	16.90	53.70	30.64	6.92	0.23	1.059	2.445
PWP, (%)	56	8.90	26.40	16.57	3.38	0.20	0.057	1.025
PAW, (%)	56	7.30	27.30	14.08	4.25	0.30	1.235	1.549
OM, (%)	56	0.34	3.42	1.31	0.79	0.60	0.888	0.206
CEC, (dS m ⁻¹)	56	10.35	52.21	30.18	10.22	0.34	-0.019	-0.858
BD, (kg m ⁻³)	56	1.13	1.62	1.34	0.11	0.08	0.294	-0.206
MDW, (t m ⁻³)	55	1.29	1.87	1.53	0.14	0.09	0.411	-0.520
Opt.M, (%)	55	13.90	33.50	23.94	5.34	0.22	-0.001	-0.694
TN, (%)	50	0.01	0.19	0.07	0.04	0.57	0.543	-0.276
AwP, (Kg da ⁻¹)	53	0.12	8.70	2.09	1.72	0.82	1.986	4.525
AwK, (Kg da ⁻¹)	54	3.50	451.20	96.76	99.24	1.03	1.491	2.293

Sat: saturation; FC: field capacity; PWP: permanent wilting point; PAW: plant available water OM: organic matter; CEC: cation exchange capacity; BD: bulk density; MDW: maximum dry weight; Opt.M: optimum moisture; TN: total nitrogen; AwP: available phosphorus; AwK: available potassium.

Good soil fertility can somewhat reduce the harmful effects of compaction. Two nutrients that have received a considerable amount of study in this regard are contained in P₂O₅ and K₂O. Soil compaction stresses plants by restricting root growth and making it more difficult for the roots to take in adequate amounts of K and other nutrients. Statistically significant relationship (-0.498) was found between AwK and MDW. Soil compaction reduces K₂O uptake. On the other hand this finding also showed that applications of K₂O may help overcome many of the detrimental effects of soil compaction. On the contrary to K₂O, P₂O₅ did not affect the MDW although fertilization was applied.

Table 2. Correlation matrix among the soil compaction and soil properties

	Clay	Silt	Sand	Sat.	FC	PWP	PAW	OM	CEC	BD	MDW	Opt.M	TN	AwP
Silt	,474**													
Sand	-,874**	-,842**												
Sat.	,790**	,268*	-,632**											
FC	,810**	,413**	-,724**	,775**										
PWP	,800**	,434**	-,730**	,727**	,882**									
PAW	,683**	,328*	-,599**	,684**	,927**	,641**								
OM	-,228	-,180	,239	-,352**	-,203	-,117	-,238							
CEC	,670**	,434**	-,650**	,505**	,471**	,567**	,316*	,019						
BD	-,715**	-,485**	,705**	-,475**	-,693**	-,681**	-,588**	-,106	-,511**					
MDW	-,734**	-,447**	,694**	-,725**	-,747**	-,776**	-,601**	,137	-,617**	,676**				
Opt.M	,735**	,463**	-,714**	,693**	,763**	,790**	,610**	-,293*	,590**	-,638**	-,893**			
TN	-,064	-,130	,110	-,165	-,134	-,052	-,178	,725**	,162	-,052	-,042	-,080		
AwP	-,016	,126	-,062	-,128	,035	,016	,044	,401**	,067	-,094	,043	-,215	,345*	
AwK	,352**	,163	-,309*	,335*	,386**	,356**	,342*	,253	,361**	-,434**	-,498**	,372**	,265	,321*

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

REFERENCES

- Başkan, O.* 2004. Use of geostatistics in the relationships of the engineering-physical properties of the Golbasi region soils. Ankara University, Ph.D. Thesis. p 176. Ankara.
- Brady, N.C and Weil, R.R. 2002. *The Nature and Properties of Soils.* (13th Ed.). Prentice-Hall: London.
- Dengiz, O.* 2002. Land evaluation of the Gölbaşı-Ankara special protected area and its vicinity. Ankara University, Ph. D. Thesis, p 249. Ankara.
- Ekwue, E.I., Stone, R.J and Ramphalie, S.* 2002. Engineering properties of some wetland soils in Trinidad. *Transactions of the ASAE*, 18(1), 37–45.
- Hakansson, I and Lipiec, J.* 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Research.* 53; 71–85.
- Kay, B.D and Angers D.A.* 1999. Soil Structure. In: *Handbook of Soil Science* (Sumner M E, ed.), pp A-229–A-269. CRC Press, New York
- Lado, M., Ben-Hur, M and Shainberg, I.* 2004. Soil wetting and texture effects on aggregate stability, seal formation and erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1992–1999.
- Lipiec, J. and Stepniowski, W.* 1995. Effect of compaction and tillage system on uptake and losses of nutrients. *Soil Tillage Research* 35; 37–52.
- Van Lynden, G.W.A and Oldman, L.R.* 2000. The assessment of the status of human induced soil degradation in South and Southwest Asia. *The Geographical Journal.* 166(1): 91–92.

UDK 631.46

THE SPATIAL VARIABILITY OF ARYLSULPHATASE ACTIVITY: A STUDY FROM AGRICULTURAL ECOSYSTEMS

Tayfun Askin¹, Yulya Nikolayevna Sinitsa², Ridvan Kizilkaya³

¹Associate Professor, Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, 52200, Ordu-Turkey, tayfuna@odu.edu.tr

²The Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia

³Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, 55139, Samsun-Turkey, ridvank@omu.edu.tr

ABSTRACT

The activity of soil sulphatases may be evaluated statistically due to application of geostatistical methods to soil science. The arylsulphatase activity (ASAc) was determined at the same transect of agricultural soils in Gümüşhacıköy. Thirty-nine surface soil samples (0–20 cm) were collected from agricultural areas and analyzed. The ASAc varied from 0.11 to 4.29 µg p-nitrophenol g⁻¹ respectively. A spherical model was the best-fitted semivariogram model for ASAc. Semivariograms for ASAc exhibited spatial dependence with a range of influence approximately 21.5 km.

Key words: spatial variability, arylsulphatase activity, site specific management.

1. INTRODUCTION

Soil is a complex system of in chemical, physical and biochemical properties factors to date attention is given to soil functionality, such as enzymatic activity essential for elemental transformation which can be measured by determining both physico-chemical parameters and biochemical activities simultaneously (Bonmati et al., 1991). Biochemical actions are dependent on or related to the presence of enzymes. Each soil may have a characteristic pattern of specific enzymes as described by Kuprevich and Scherbakova (1971). The differences in the level of enzymatic activity are caused primarily by the fact that every soil type (Chhonkar and Tarafdar, 1984), depending on its origin (Ladd, 1985) and developmental conditions, is distinct from every other in its content of organic matter, in the composition and activity of living organisms inhabiting it, and consequently, in the intensity of biological processes. Large proportions of the sulphur in many soils are organically bound and the mineralization of these portions is of agricultural importance (Speir and Ross, 1978). Several enzymes are involved in the decomposition of organic sulphur compounds. Those enzymes that hydrolyze S esters are commonly called sulphatases. Arylsulphatase is important in nutrient cycling because it releases plant available SO₄. Also, it may be indirect indicators of fungi contain ester sulphate, the substrate of arylsulphatase (Bandick and Dick, 1999).

Soil properties are continuous variables whose values at any location can be expected to vary according to direction and distance of separation from neighboring samples. Recently, emphasis has been placed on the fact that the variations of a soil property are not completely disordered over the field and this spatial structure must be taken into account in the treatment of the data. Typically semivariograms and autocorrelogram have been used to study the spatial structure of soil properties.

The objective of present study was to assess the spatial variability of soil arylsulphatase activity; analysis of the spatial structure was based on the semivariogram analysis within an urban area.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study Site and Design

The study site is on the urban area in Gümüşhacıköy, Amasya, in the northwest Turkey (40° 53' N; 35° 13' W). The primary grid consisted of thirty-nine points spaced 4500 by 4500 m (Figure 1). The surface soils (0–20 cm depth) were sampled in the spring of 2001. Annual mean of precipitation is 400 mm and temperature is ranged from –10 °C to 38 °C.

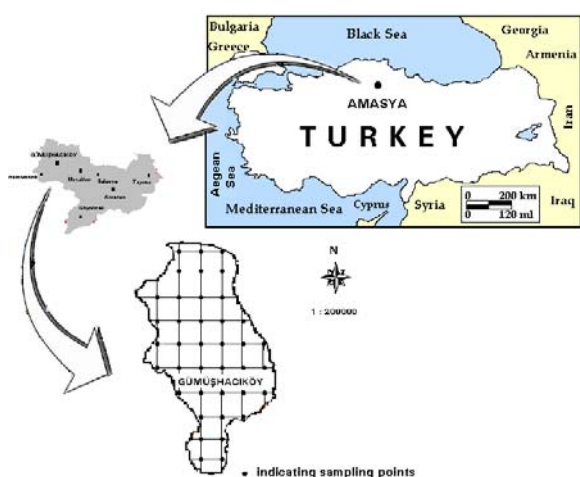


Figure 1. Location of the sampling sites.

2.2. Soil Analysis

Selected soil physico-chemical properties were determined by means of appropriate methods: soil particle size distribution by the hydrometer method, pH in 1:2.5 (w/v) in soil:water suspension by pH-meter, soil organic matter by modified Walkley-Black method, CaCO₃ content by Scheibler Calcimeter, cation exchange capacity (CEC) by Bower method (Rowell, 1996). Arylsulphatase (EC 3.1.6.1) activity (ASAc) was measured by the method of Tabatabai and Bremner (1970).

2.3. Statistical Analysis

All geostatistical analyses were performed on a PC using GS⁺ package program (GS⁺, 1998). Descriptive statistics were determined using SPSS package program (SPSS, 1999).

3. RESULTS and DISCUSSIONS

3.1. Soil Properties

Some descriptive statistical results for selected soil physical and chemical properties are given in Table 1. The results can be summarized as; soil samples have mostly moderate coarse in texture, alkaline in pH, moderate in organic matter (average of 2.23 %), low in lime content (average of 2.35 %), and free alkaline problem (ESP<15 %) (Soil Survey Staff, 1993) (Table 1).

Table 1. Descriptive statistics for selected soil properties ($n=39$)

Soil Properties	Mean	Min	Max	Sd
Sand (S), %	46.03	29.0	68.6	11.66
Silt (Si), %	24.07	14.6	33.3	4.96
Clay (C), %	29.91	12.8	43.2	8.27
pH (1:2,5 soil:water suspension)	8.06	7.30	8.60	0.34
Electrical conductivity (EC), dS m ⁻¹	0.241	0.127	1.745	0.258
Lime content (LC), %	5.38	0.20	15.86	4.40
Organic matter content (OMC), %	2.23	0.38	5.02	1.10
Cation exchange capacity (CEC), cmol kg ⁻¹	41.98	23.48	60.02	9.49
Arylsulphatase activity (ASAc), µg p-nitrophenol g ⁻¹ dry soil	1.86	0.11	4.29	0.88

S_d; standard deviation, S_e; standard error

3.2. Spatial Variability of Arylsulphatase Activity

The spherical model, had the smallest Reduced Sums of Squares (RSS) value and the biggest r^2 value, was selected for spatial variability of the arylsulphatase activity in the study area by this computer package program (GS⁺, 1998) (Table 2).

Table 2. Parameters of spherical isotropic model fitted to semi variance of *ASAc*

	Nugget Co	Sill Co+C	A0 or 3A0 m	C/Co+C	RSS	r^2	Model
<i>ASAc</i>	0.335	0.900	21480	0.63	0.052	0.67	Spherical

The spatial distribution and model parameters of soil arylsulphatase activity in the study area are schematically illustrated in Figure 2.

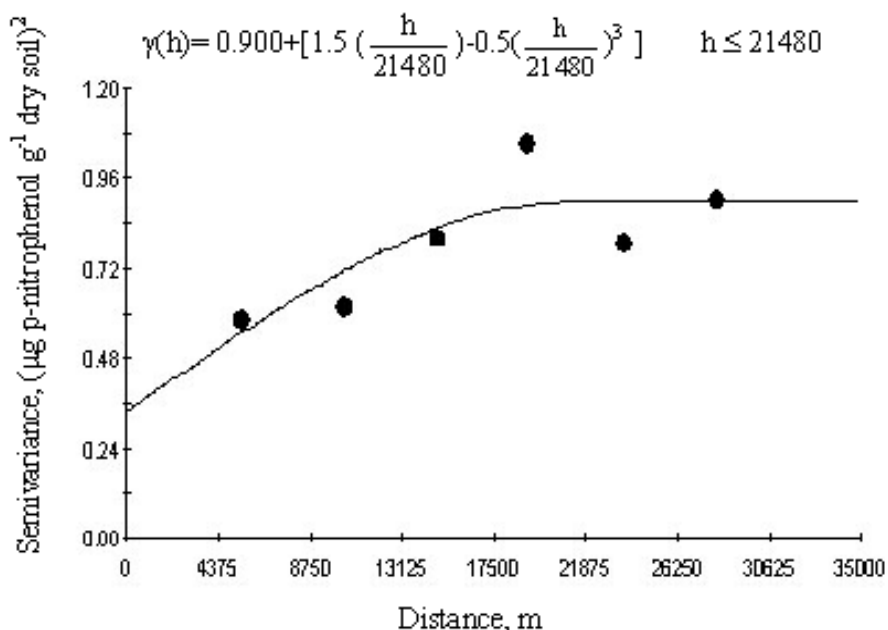


Figure 2. The estimated semi-variogram values for arylsulphatase activity.

The zone of influence for arylsulphatase activity was approximately 21.5 km (Table 2). The arylsulphatase activity was point-kriged, based on spherical isotropic model, on a 1x1 km grid (1008 locations) by using the ten nearest neighboring points. Descriptive statistics were presented in Table 3 on observed and point-kriged *ASAc* values.

Table 3. Descriptive statistics on observed and kriged of *ASAc* values

Descriptive statistics	Observed	Predicted by Kriging
Number of samples (n)	39	1008
Minimum	0.11	0.28
Maximum	4.29	3.93
Mean	1.86	1.95
Standard deviation	0.88	0.18

As shown in Table 3, not only the range of point-kriged arylsulphatase activity values was 0.28 to 3.93 $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ dry soil but also mean values was 1.95 $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ dry soil, somewhat narrower than the range and mean of the measured *ASAc* values (0.11–4.29 $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ dry soil and 1.86 $\mu\text{g p-nitrophenol g}^{-1}$ dry soil). Also why standard deviation on kriged *ASAc* values was lower than the measured selected model was true (Trangmar et al. 1985). A point-kriged map of arylsulphatase activity was illustrated using the same 1008 points that was used to kriged *ASAc* in Figure 3.

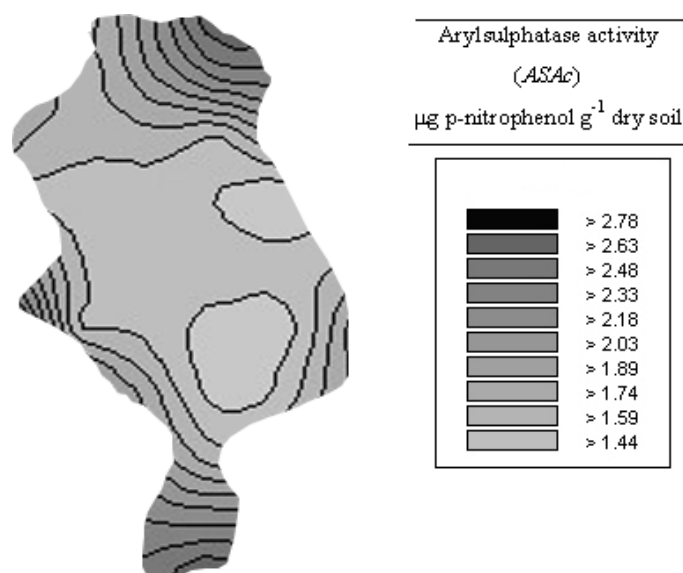


Figure 3. Point-kriged map of ASAc, µg p-nitrophenol g⁻¹ dry soil.

4. CONCLUSION

Knowledge of the spatial variability of soil biological properties is one of the most important keys in further development of precision quality of agricultural ecosystems. Reliable information on the range of spatial relationships enables defining the sampling strategy needed to carry out maps on soil enzymatic activities accurately. Spherical isotropic model was the best fitted experimental semi variogram model for ASAc in this study area. Also the range of model was 21.5 km. The ratio of nugget to total variation of ASAc was 37.2 % indicating that the spatial correlation of ASAc at the large scale was moderate dependence. The results suggested that the use of kriging could decrease the existing sampling density under the small scale. The soil microbial activities assessments consequently are generalized and should only be used for regional planning purposes. Also, this knowledge should be used as a literature for identifying the sampling and mapping strategies on agricultural ecosystem studies.

REFERENCES

- Bandick, A.K., Dick, R.P.*, 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1471–1479.
- Bonmati, M., Ceccanti, B., Nanipieri, P.*, 1991. Spatial variability of phosphatase, urease, protease, organic carbon and total nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 391–396.
- Chhonkar, P.K., Tarafdar, J.C.*, 1984. Accumulation of phosphatases in soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 32: 266–272.
- GS⁺*, 1998. Geostatistics for the environmental sciences, Gamma Design Software, Plainwell, Michigan, USA.
- Kuprevich, V.F., Shcherbakova, T.A.*, 1971. Comparative enzymatic activity in diverse types of soil. In: McLaren, A.D., Skujins, J. (Eds.). *Soil Biochemistry*, Vol. 2, Marcel Dekker, New York, USA. pp. 167–201.
- Ladd, J.N.*, 1985. Soil enzymes. In: Vaughan, D., Malcom, R.E. (Eds.). *Soil organic matter and biological activity*. Martinus Nijhoff Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp. 175 – 221.
- Rowell, D.L.*, 1996. *Soil science: Methods and applications*. Longman, UK, 350 p.
- Soil Survey Staff*, 1993. *Soil Survey Manual*. USDA Handbook No:18, Washington, USA.
- Speir, T.W., Ross, D.J.*, 1978. Soil phosphatase and sulphatase. In: Burns, R.G. (Ed.). *Soil enzymes*, Academic Press, London, UK. pp 197–250.
- SPSS*, 1999. *SPSS for Windows*, Release 10.0.5, SPSS Inc., USA.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M.*, 1970. Arylsulphatase activity of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34, 225–229.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S. Uehara, G.*, 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, vol. 38, pp: 45–93.

СОХРАНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ
В ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ РЕГИОНАХ СИБИРИ

В.А. Андроханов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, androhan@rambler.ru

Сибирский Федеральный округ (СФО) по количеству земель занимает 3 место в России. Общая площадь территории СФО составляет 5145 тыс. км². Площадь посевных площадей занятых в сельскохозяйственном производстве в 2008 году составила 15177 тыс.га. Общая площадь сельскохозяйственных угодий не превышает 12 %. Площадь земель лесного фонда – 372717 тыс. га. Общая лесистость территории СФО в 2008 году равнялась 53.8 %. [1]. Остальную площадь территории СФО составляют земли северных территорий (тундра и т.п.), земли госземзапаса, земли промышленности и населенных пунктов, а также территории занятые водными объектами. В СФО сосредоточены основные запасы таких минеральных ресурсов как молибден, никель, свинец, уголь, медь и других месторождений полезных ископаемых. Интенсивная разработка месторождений ведет к нарушению всего комплекса естественных экосистем и в частности основы всех наземных экосистем – почвы. В тоже время освоение новых территорий и бесконтрольная эксплуатация земельных ресурсов приводит к возникновению значительных площадей деградированных и захламленных почв, которые без проведения специальных мероприятий невозможно использовать по целевому назначению. По официальным данным с 1990 года в СФО произошло сокращение посевных площадей практически в 1.5 раза. Причины уменьшения сельскохозяйственных угодий могут быть различные, однако если такая тенденция будет прослеживаться и далее, то многие регионы СФО могут потерять большие площади окультуренных земель и значительно сократить производство местной сельскохозяйственной продукции и увеличить площадь деградированных и заброшенных земель.

В настоящее время проблемы деградации экосистем вообще и их базовой основы – почвы, в частности, в СФО приобретает масштабный характер. Однако в некоторых регионах СФО, таких как, например, Кузбасс, Красноярский край, Иркутская область она приобретает особую актуальность. Десятилетия интенсивного развития в этих регионах промышленности привели к глубокому экологическому кризису в природопользовании вообще и в землепользовании в частности. На месте уничтоженного почвенного покрова созданы, так называемые, «техногенные» ландшафты, значительная часть которых в течение многих десятилетий по различным причинам сохраняет облик техногенной пустыни. В почвенно-экологическом плане это означает, что на больших площадях земель происходит резкое замедление или полное отсутствие почвовосстановительных процессов. В геоботаническом аспекте – замедленное восстановление растительного покрова и заметное сокращение ботанического разнообразия. В общеэкологическом – сохранение на неопределенно длительный срок экоклима, площадей земель и экосистем несоответствующих данной природной обстановки. В санитарно-гигиеническом плане – общее ухудшение качества практически всех компонентов окружающей человека среды [2]. Поэтому для регионов СФО и, особенно для регионов с ограниченными земельными ресурсами и с развитой промышленностью необходимо разрабатывать региональные программы по рациональному использованию земельных ресурсов. При этом под рациональным использованием понимается комплекс мероприятий, направленных на охрану земель, защиту от негативных воздействий, реабилитацию загрязненных земель, а так же обеспечение эффективной рекультивации и консервации техногенных ландшафтов.

В настоящее время площадь техногенных ландшафтов в СФО по некоторым данным составляет более 200 тыс. га. При этом площадь техногенных ландшафтов складывается из территорий, на которых полностью разрушен естественный почвенный покров, и на дневной поверхности оказываются малопригодные породы для восстановления почв или глубокие карьеры, или складированы отходы промышленного производства (золы, шламы и т.п.), т.е. территории, которые без проведения коренных рекультивационных мероприятий, практически навсегда сохраняют специфические свойства и режимы функционирования. Необходимо также учитывать, что большое разнообразие техногенных ландшафтов в СФО и значительное многообразие природных условий требует индивидуального подхода к каждому техногенному ландшафту. Условно все мероприятия по охране почвенных ресурсов можно разделить на несколько групп.

1. Мероприятия, направленные на предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности;
2. Мероприятия по реабилитации загрязненных, в том числе, захлавленных и незначительно нарушенных почв;
3. Мероприятия по рекультивации нарушенных земель;
4. Мероприятия по консервации нарушенных территорий.

К первой группе относятся в большинстве случаев профилактические, организационные и технологические мероприятия, направленные в первую очередь на предотвращение ухудшения свойств почв и почвенного покрова. Эти мероприятия могут включать рекомендации по рациональной организации и зонировании территории региона, разработки региональных почвосберегающих систем обработки почвы, направленных на предотвращение развития процессов эрозии и снижения почвенного плодородия. В конечном итоге в регионе может быть разработан генеральный план развития территории, в котором учитываются перспективы трансформации почвенного покрова и меры по предотвращению негативных последствий хозяйственного использования земель.

Ко второй группе относятся мероприятия по восстановлению загрязненных и слаборазрушенных земель. Загрязнение и захламление земель происходит практически повсеместно в окрестностях промышленных предприятий и населенных пунктов, а также на сельскохозяйственных землях при нерациональном использовании средств химизации. При этом виды и степень загрязнения значительно варьируют. Для районов добычи нефти крайне актуально решение проблемы нефтяных загрязнений почв. В настоящее время основными технологиями реабилитации таких территорий является механическое удаление нефти с поверхности почвы, применение микробиологических препаратов для разложения остаточного загрязнения и создание агротехническими приемами благоприятных условий для восстановления естественных биоценозов.

Захламление земель характеризуется как размещение в неустановленных местах предметов хозяйственной деятельности, твердых производственных и бытовых отходов (металлолом, стеклобой, строительный мусор, древесные остатки и др.). Главной задачей при ликвидации захлавленных территорий является по возможности максимальное сохранение верхних плодородных горизонтов почв. Однако основным направлением борьбы с этим видом деградации почвенного покрова необходимо признать профилактические меры по предотвращению несанкционированных размещений отходов, и организация современных способов сбора, складирования и переработки отходов.

Под рекультивацией нарушенных земель, в современном значении, понимается целенаправленное восстановление нарушенных земель, с созданием ландшафтов согласно проекту рекультивации, с заданными параметрами почвенно-экологической эффективности [3]. При этом сохраняются все направления рекультивации, предусмотренные ГОСТ 17.5.1.01-83. На практике, в большинстве случаев, все технологии рекультивации можно разделить на две большие группы: рекультивация по временной схеме, и рекультивация коренная – по постоянной схеме. Цели рекультивации первого типа обычно ограничены необходимостью закрепления поверхности, ее озеленением и сокращением негативного влияния на окружающие территории. Понятно, что почвенно-экологическая эффективность такой рекультивации обычно не высока, и не редко для достижения уровня эффективности 30–40 % может потребоваться несколько десятилетий, и в большинстве случаев она не намного отличается от эффективности при естественном зарастании. При применении рекультивации коренной, с применением высокоэффективных технологий создаются искусственные почвоподобные образования – техноземы. При этом максимальная эффективность от рекультивации может быть достигнута в течение 2–3-х лет.

В настоящее время разработаны, и применяются на практике значительное количество технологий рекультивации направленных на восстановление ранее нарушенных земель. Это связано с тем, что во всех регионах СФО имеются нарушенные земли и поэтому актуальность рекультивационных работ не вызывает сомнения. Согласно нормативным актам при проведении работ связанных с нарушением почвенного покрова, необходимо проведение рекультивационных работ. Как правило, на предприятиях ведущих разработку месторождений полезных ископаемых, или выполняющих строительные работы, связанные с нарушением почв, имеются проекты рекультивации, в которых предусмотрены рекультивационные работы по восстановлению нарушенных земель. Использование той или иной технологии должно быть обусловлено с одной стороны природно-

климатическими условиями территории проведения рекультивационных работ, а с другой степенью нарушенности или разрушенности естественных, природных ландшафтов.

Виды рекультивации и ее направления должны определяться целью, а именно тем, что заказчик работ планирует восстановить на месте нарушенных территорий. К сожалению, в последние годы в большинстве случаев рекультивационные работы сводятся практически только к озеленению нарушенных территорий, и не предусматривают именно восстановление тех же ландшафтов и почв, которые были нарушены.

К четвертой группе относятся мероприятия по консервации нарушенных территорий. Решение о консервации земель должно приниматься на региональном уровне в порядке, установленном Правительством РФ. Консервация деградированных и нарушенных земель является одной из мер защиты почв. Под консервацией нарушенных территорий понимается исключение и из хозяйственного оборота и перевод в категорию земель запаса. При этом основной целью подобной меры является сокращение негативного влияния нарушенных территорий на окружающие естественные экосистемы и предотвращение дальнейшего развития процессов деградации почв.

Консервации подлежат техногенные ландшафты, которые в настоящее время не могут быть эффективно рекультивированы, или которые в дальнейшем предполагаются вторично использовать. В сельскохозяйственном производстве необходимо исключать из производства угодья, сильно подверженные эрозии, опустыниванию, заболачиванию, а также те, которые при дальнейшем использовании по назначению вызовут развитие негативных процессов и ухудшение экологической обстановки. Под консервацию попадают и земли, загрязненные токсичными промышленными отходами или радиоактивными веществами выше предельно допустимых уровней. В любом случае при консервации нарушенных земель и переводе их в категорию земель запаса необходимо проведение мелиоративных и хозяйственных мероприятий, направленных на закрепление поверхности нарушенных земель, путем создания защитного растительного либо иного покрова. В некоторых случаях возможно выполнение гидротехнических мероприятий, т.е. регулирование поверхностного стока воды путем создания мелких платин, дамб, террас, бетонированных оголовков оврагов и балок, устройство дренажных систем и т.п.

Таким образом, проблема сохранения почвенных ресурсов в СФО имеет многоплановый характер и для ее решения должны использоваться комплексные мероприятия, направленные в первую очередь на рациональный подход к использованию земельных ресурсов СФО.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник. Регионы России. Социально-экономические показатели.* М. 2009.
2. *Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М.* Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004.
3. *Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А.* Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001.

УДК 631.417: 631.416.8

ОЦЕНКА МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЦИНКА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ И ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОИЗОТОПА ⁶⁵Zn

В.С. Анисимов, Л.Н. Анисимова, Ю.Н. Корнеев, Д.В. Дикарев
ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии, г. Обнинск, vsanisimov@list.ru

Опасность техногенного загрязнения природной среды техногенными радионуклидами и тяжелыми металлами (ТМ) напрямую связана с их подвижностью и биологической доступностью в почвах. Сложность почвенных систем обуславливает необходимость разработки моделей, которые позволяли бы более адекватно описывать сорбцию-десорбцию почвами ионов ТМ при изменяющихся условиях (например, рН) и в широком диапазоне их концентраций, а также корневое поглощение ионов ТМ растениями.

В качестве объектов исследования были выбраны: дерново-подзолистая супесчаная окультуренная почва (Калужская обл.), дерново-подзолистая среднесуглинистая окультуренная почва (Калужская обл.), чернозем выщелоченный (Курская обл.).

В ходе лабораторных сорбционных экспериментов были экспериментально установлены параметры процесса селективной адсорбции ионов Zn с использованием в качестве радиоактивной метки ^{65}Zn . С их помощью можно оценить их миграционную способность в системе «почва-растение». Для оценки неоднородности поверхности сорбции, полученные экспериментальные зависимости для Zn, обрабатывали с применением модели полифункционального ионообменника (МПИ).

Коэффициенты селективности катионного обмена Me/Ca . С целью установления коэффициентов селективности для реакции катионного обмена $\text{Me}^{2+} + \text{CaX} = \text{Ca}^{2+} + \text{MeX}$ и оценки неоднородности сорбирующей поверхности разных почв для обработки экспериментальных данных была использована модель, базирующаяся на уравнениях закона действующих масс [Harmsen, 1979; Круглов, 2008].

Модель является простейшей из возможных МПИ и часто находит применение при описании сорбционного поведения различных ионов и большого числа адсорбентов. Предполагается, что ППК содержит лишь два типа мест сорбции, низкоселективные (l) и высокоселективные (h). В этом случае выражение для расчета усредненного коэффициента селективности K может быть записано в виде [Harmsen, 1979]:

$$K = \frac{K_l Q_l + K_h Q_h + K_h K_l Q (c_B / c_A)}{Q + (K_l Q_h + K_h Q_l)(c_B / c_A)}, \quad (1)$$

где c_B/c_A — отношение концентраций (или активностей, если $\gamma_B = \gamma_A$) ионов в растворе, $Q = Q_l + Q_h$ — емкость катионного обмена сорбента (почвы).

Применение выражения (1) для анализа изотермы обмена, построенной в координатах K_c — c_B/c_A позволяет определить четыре параметра: значения коэффициентов селективного обмена (K_l и K_h) и обменной емкости (Q_l и Q_h), соответствующие двум разнородным типам реакционных центров на сорбирующей поверхности.

Подбор параметров моделей проводили методом последовательных итераций, используя в качестве критерия минимизацию ошибки $E = \sum [K_c(\text{расчетный}) - K_c(\text{измеренный})]^2$. Соответствие между теоретическими кривыми, рассчитанными на основании двухкомпонентной модели ионообменной сорбции, и экспериментальными данными показано на рис. 1.

Коэффициенты селективности $K_c(\text{Zn}/\text{Ca})$ по отношению к иону, присутствующему в системе в макроколичестве (Ca), меняющиеся в зависимости от состава равновесного раствора или степени заполнения адсорбента (рис.), отражают взвешенный вклад разных функциональных центров в селективность $\text{Me}-\text{Ca}$ обмена.

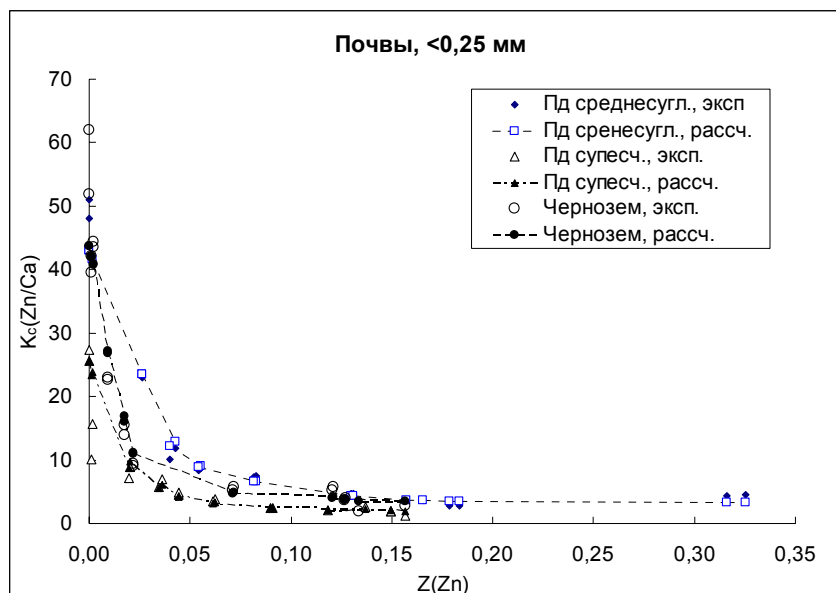


Рисунок. Изотермы катионного обмена $\text{Zn}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ для разных почв

Поскольку ионы стремятся занять в первую очередь энергетически наиболее выгодные позиции, неоднородность сорбирующей поверхности проявляется как селективное поглощение конкретного иона при низкой занятости адсорбента. С увеличением степени заполнения емкости адсорбента селективность поглощения уменьшается. Значения коэффициентов селективности и ем-

кости катионного обмена для разнородных мест связывания металлов в двух почвах, установленные с использованием для обработки экспериментальных данных выражения (1) суммированы в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов селективности и емкости селективных участков для сорбции металлов различными сорбентами.

Элемент	Модель полифункционального ионообменника				
	Kh	KL	Qh мМ/кг	QL мМ/кг	ПСА _{расч.} мМ/кг
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва (< 0.25 мм)					
Со	698	1.10	1.85	60.0	1358
Zn	800	2.78	2.77	55.0	2368
Дерново-подзолистая супесчаная почва (< 0.25 мм)					
Со	664	0.50	1.00	47.0	685
Zn	886	1.68	1.26	45.0	1193
Чернозем выщелоченный (< 0.25 мм)					
Со	307	2.50	2.66	165.0	1226
Zn	1701	3.07	4.09	170.0	7484

При $c_B/c_A \rightarrow 0$ выражение для усредненного (взвешенного) коэффициента селективности (1) приобретает вид:

$$K_{\max} = \frac{K_l Q_l + K_h Q_h}{Q}, \quad (2)$$

K_{\max} означает, что коэффициенты селективности ионного обмена, например, Zn^{2+} на $Me^{2+} = (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ при очень низкой концентрации ионов исследуемого тяжелого металла в фазе уравнивающего раствора (и, соответственно, сорбента) Уравнение (2) можно записать и в другой форме, удобной для практического применения:

$$K_{\max} \times Q = K_l \times Q_l + K_h \times Q_h, \quad (3)$$

$$\text{или } K_{\max}[EKO] = K_l Q_l + K_h Q_h, \quad (4)$$

$$\text{или } (K_d(Zn)_{\max}/K_d(Ca))[EKO] = K_l Q_l + K_h Q_h = ПСА \quad (5)$$

Полученный таким образом расчетным путем с помощью двухкомпонентной модели МПИ (1) показатель, мы назвали «потенциалом селективной адсорбции» металлов (*ПСА*). Он равен сумме произведений емкостей однородных сорбционных участков на соответствующие им рассчитанные с помощью двухкомпонентной МПИ значения $K_c(Me/Ca)_i$. При очень низкой концентрации ионов исследуемого тяжелого металла в фазе сорбента ($Z_{Me} \rightarrow 0$, соответственно, $c_B/c_A \rightarrow 0$) *ПСА*, согласно (5), представляет собой произведение отношения коэффициентов распределения ТМ и макрокатионов в квазиравновесном растворе на емкость поглощения сорбента. Следовательно, зная (*ПСА*) для разных почв, а также концентрации основных конкурирующих ионов ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$ для ТМ) в квазиравновесном почвенном растворе, можно рассчитать значения *ПСА* поллютантов.

Для корректного применения показателя *ПСА* необходимо при расчете коэффициентов распределения ТМ и макрокатионов исходить из количества этих элементов в почве в подвижной (обменной) формах, а также знать усредненную за вегетационный период концентрацию конкурирующих макрокатионов в квазиравновесных почвенных растворах. В таблице 1 приведены значения *ПСА* цинка для разных почв, рассчитанные с помощью двухкомпонентной МПИ. Эти значения *ПСА* были использованы в рамках механистического подхода для прогнозирования накопления цинка в культурных растениях (ячмене сорта «Зазерский-85» и кормовых бобах сорта «Орлецкие»), выращенных на дерново-подзолистой супесчаной почве. Для этого сначала были экспериментальным путем определены необходимые коэффициенты (табл. 2).

В качестве интегральных показателей, характеризующих подвижность ТМ в системе «почва-растение» используются концентрации элементов в квазиравновесных почвенных растворах, а также коэффициенты биологической аккумуляции (накопления) их растениями.

Далее, исходя из фундаментального соотношения:

$$KH = KK/K_d, \quad (6)$$

получают уравнения эмпирических моделей корневого поглощения (миграции) ТМ из почвы в растения. Здесь *KH* – коэффициент накопления ТМ (Zn), представляющий отношение концентраций ТМ в растении к концентрации его в почве, *KK* – коэффициент концентрирования (отношение кон-

центрации ТМ в растении к концентрации его в почвенном растворе), K_d – коэффициент распределения (отношение концентрации ТМ в почве к концентрации его в почвенном растворе). Подставив в выражение (6) значение $K_d(\text{Zn})$ из выражения (5) получим искомую формулу для прогноза накопления цинка в корнях растений:

$$KH = KK \times [EKO] / (Kd(\text{Ca}) \times ПСА(\text{Zn})), \quad (7)$$

Таблица 2. Показатели миграционной способности цинка для дерново-подзолистой супесчаной почвы Калужской области.

Растения	Миграционные коэффициенты (почва – почвенный раствор – корни растений)				Транслокационные коэффициенты		
	$K_{d\max}(\text{Zn})$	$K_d(\text{Ca})$	$KK(\text{Zn})$	$KH(\text{Zn})$ (эксп.)	$KH(\text{Zn})$ (расч.)	вег.масса/ корни	зерно/ вег.масса
Ячмень «Зазерский-85»	984	12.8	168	0.171	0.161	3.07	0.323
Бобы кормовые «Орleckие»	1369	12.8	626	0.457	0.599	1.65	0.348

Полученные расчетные значения KH приведены в таблице 2. Совпадение результатов, полученных в ходе экспериментов и рассчитанных с использованием предложенной механистической миграционной модели, вполне удовлетворительное. Это свидетельствует о «работоспособности» данной модели применительно к техногенно загрязненным землям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Круглов С.В., Анисимов В.С., Лаврентьева Г.В., Анисимова Л.Н.* Параметры селективной сорбции Co, Cu, Zn и Cd дерново-подзолистой почвой и черноземом // Почвоведение. 2009. № 4. С. 419–428.

2. *Harmsen K.* Behavior of heavy metals in soils. Agric. Res. Rep. No 866 (Doctoral thesis Wageningen). Centre for Agric. Publishing and Documentation. Wageningen. 1977. 171 p.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 09-04-13621-офиц; 10-04-00513-а.

УДК 574.42:502.654(470.1)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ – ЗАЛОГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

И.Б. Арчегова, И.А. Лиханова, В.А. Ковалева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, archeгова@ib.komisc.ru

Биосфера поддерживала оптимальное для жизни состояние сотни миллионов лет. Несколько десятков лет промышленной революции оказалось достаточным, чтобы нарушить веками сложившееся равновесие. Негативная деятельность человеческой цивилизации стала сопоставима с позитивной «работой» биосферы в целом. Особенно это заметно при освоении северных территорий (Ларин и др., 2000).

Глубину проблемы нарушения биосферного равновесия помогают понять следующие факты локального уровня. Сложившаяся структура промышленного производства в Республике Коми (РК) основана на добыче природных ресурсов – в первую очередь нефти, угля, газа, что ведет к нарушению значительных по площади территорий. В 1970 г. в Коми АССР в целом насчитывалось 5–10 тыс. га нарушенных земель. На 01.01.2010 г. общая площадь нарушенных земель составляла 14.2 тыс. га. (Гос. доклад, 2010). Одним из главных нарушителей природной среды РК является нефтяная отрасль – за последние 5 лет на нее приходилось более трети общей площади нарушенных земель. В результате «систематических нарушений проектов строительства скважин, технологических схем и проектов обустройства нефтяных месторождений, ...разрушений трубопроводов ...» пластовые воды и нефть изливаются на рельеф (Гос. доклад, 1998). К примеру, в 1979 г сброшено на рельеф – 971 т нефти и нефтепродуктов; в 1995 г. – 1251 т. В 1994 г. произошел крупнейший разлив сырой нефти в Усинском районе из-за разгерметизации нефтепровода «Возей-Головные сооружения» в 23 местах на участке протяженностью 52 км в труднодоступной болотистой местности. На землю вылилось по разным оценкам более 100–200 тыс. тонн нефти. В резуль-

тате аварий было загрязнено и затем нарушено в ходе локализации и ликвидации последствий 270 га земель. В 1994–1999 гг. проектные и подрядные организации сумели локализовать и собрать аварийную нефть. В 1999 г. было проведено экологическое обследование нефтепромыслов на территории Усинского, Возейского и Баганского месторождений, в ходе которого выявлено 698 га нефтезагрязненных земель, содержащих 133 тыс. т. нефти (Ерцев и др., 2000). По данным ОАО «Лукойл», в 2006 г. в зоне аварии 1994 г. нарушенных и загрязненных земель практически не осталось. За период 2000–2005 гг. ОАО «Лукойл» прежним землепользователям возвращено 1592.75 га нарушенных земель, из которых только на 891 га проведена биологическая рекультивация, в том числе на площади 383 га проведены лесовосстановительные мероприятия (Природоохранные работы..., 2006). По сведениям Обермана и др. (2004), ликвидация последствий аварий проводится посредством, как правило, технической рекультивации: собирается разлитая нефть, снимается почвенно-растительный покров, вырубается кустарники, удаляется верхний слой грунта, иногда на его место засыпается «свежий». Биологические приемы очистки применяются недостаточно. Серьезные экологические проблемы отмечаются и во многих других отраслях народного хозяйства Республики Коми.

Учитывая сложную экологическую ситуацию не только в северных регионах, требуется кардинальное изменение взгляда на рекультивацию. Традиционно термин рекультивация понимается как возврат в повторное хозяйственное использование земельного ресурса. Однако реалии времени требуют расширения традиционного понимания рекультивации. В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН под руководством И.Б. Арчеговой разработана концепция «природовосстановления», в которой главный акцент делается на восстановление природных экосистем с характерным для них строением и выполняемыми «функциями», что обеспечивает сохранение целостности биосферы. Концепция «природовосстановления» опирается на принцип системности и на представление о самовосстановлении экосистемы как сукцессионном процессе. Целью системы «природовосстановления» является восстановление в полном объеме экосистемы, а не отдельных ее компонентов. Приемы природовосстановления должны соответствовать конкретным климатическим условиям, а также следует принимать во внимание региональное направление экономики, т.е. традиционного типа хозяйствования в регионе.

Северные экосистемы отличаются высокой степенью уязвимости к техногенным воздействиям и низким самовосстановительным потенциалом, что обусловлено не только суровыми климатическими условиями в сочетании с наличием многолетнемерзлых пород, но и малой мощностью органо-аккумулятивного слоя, в котором сосредоточены основная масса элементов питания и питающих корней растений, активная микробиобиота. Длительное отсутствие растительности способствует быстрому развитию эрозии, еще более замедляющей самовосстановление почвенно-растительного покрова. В связи с отмеченным, любое техногенное нарушение органогенного слоя неизбежно ведет к полному разрушению природных экосистем. Все это требует активного, модернизированного подхода к восстановлению нарушенных экосистем.

На основе концепции «природовосстановления» для условий Севера разработана двухэтапная система практических приемов управляемого «природовосстановления». На первом этапе, «интенсивном», в короткие сроки (3–5 лет) с применением базового приема – посева местных многолетних трав по фону органических и минеральных удобрений – формируется травянистая экосистема и биогенно-аккумулятивный слой. На втором этапе, «ассимиляционном», агорезим снимается, и в процессе самовосстановительной сукцессии сформированное на первом этапе травянистое сообщество постепенно замещается зональным типом растительности.

Согласно разработанной схеме «природовосстановления» был заложен опыт на песчаном карьере Усинского нефтяного месторождения (66°16'46"с.ш.57°16'34"в.д.), разрабатывавшемся для добычи песка в целях отсыпки буровых площадок и трубопроводов. До разработки карьера на месте опыта произрастал березово-еловый лес кустарничково-зеленомошный. Высота древостоя – 12 м, в его составе кроме березы и ели, отмечалась лиственница, сомкнутость крон – 0.3.

Трехлетний «интенсивный» этап (с 1991 по 1993 гг.) опыта включал в первый год внесение удобрений (торф в дозе 20 т/га, N60P60K60), посев местных почвозадерживающих злаков (лисохвоста лугового, мятлика лугового при норме высева 20 кг/га). В последующие два года осуществляли уход за формирующейся травянистой экосистемой (внесение минеральных подкормок (N45P45K45)). К концу этапа сформировалось промежуточное травянистое сообщество с доминированием высеянных трав.

На 11-й год после начала опыта за счет активного внедрения древесных растений (березы, лиственницы), а также разных видов ивы формировался древесно-кустарниковый ярус, достигший высоты 1–3 м. Сомкнутость крон – 0.1. В напочвенном покрове еще значительно участие высеянного лисохвоста с проективным покрытием (ПП) 44 %. Значительно ПП внедрившейся овсяницы овечьей (26 %). В составе травостоя, состоящего из 21 вида, отмечались луговые злаки (щучка дернистая, мятлик луговой и др.), синантропные виды (щавелек, иван-чай, скерда кровельная, трехрберник непахучий, мать-и-мачеха, хвощ полевой). На участке развивался моховой покров из 5 видов с преобладанием политриховых мхов (16 %). Единично отмечены 2 вида лишайников. Таким образом, на 11 год после начала опыта происходит активное замещение промежуточной травянистой экосистемы лесной сначала с доминированием быстрорастущих древесных пород.

На 19-й год уже сформировано лесное сообщество, древесный ярус которого состоял из березы и лиственницы при равном количественном их участии (5Б5Л). Деревья достигли высоты 5–6 м, сомкнутость крон 0.4. В подлеске – ивы, береза карликовая, смородина, можжевельник. Отмечен подрост ели и сосны. Общее ПП травяно-кустарничкового покрова – 85 %. Из кустарничков зафиксированы толокнянка, водяника, голубика. Из 24 видов, отмеченных травянистых растений, высоким ПП выделяются луговик извилистый (30 %), золотарник обыкновенный (10 %), характерные для лесных сообществ. Уменьшается ПП лисохвоста (25 %), овсяницы (10 %). Формирование лесного сообщества на 19 год было связано с достаточным разнообразием мохообразных — 11 видов. Наибольшим ПП характеризовался *Sciuro-hypnum starkei* (30 %) и типично лесные виды рода *Polytrichum* (30 %) и *Pleurozium schreberi* (10 %). Высокое разнообразие отмечено в группе лишайников – 17 видов, представленной в основном видами рода *Cladonia*. Таким образом, в конце второго 10-летия с начала опыта сформировалось лесное сообщество, закономерно замещаются сеяные травянистые растения первого, «интенсивного» этапа на лесные виды с возрастанием обилия мохообразных и лишайников.

Роль первого, «интенсивного» этапа в стимулировании (ускорении) самовосстановительной сукцессии лесного сообщества становится более наглядной при сравнении с контролем, расположенном на части этого же карьера. Без проведения восстановления на 28 год после отработки карьера участок практически лишен растительного покрова (общее ПП менее 1 %), развитие эрозионного процесса привело к образованию оврага глубиной до 3–5 метров.

Итак, применение двухэтапной схемы «природовосстановления» обеспечивает активизацию процесса самовосстановления лесной экосистемы в крайнесеверной тайге (на границе распространения леса). Важно отметить, что концепция «природовосстановления» и ее практическое воплощение расширяют традиционное понимание рекультивации, внося не только географический аспект, но и представление о взаимообусловленной функциональной связи между компонентами экосистемы, объединенными механизмом биологического оборота органического вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин В.Б., Паутов Ю.А., Пручкин В.Д. Стратегия устойчивого развития лесных регионов Севера. // Финно-угорский мир: состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды: Матер. междунар. конф. Сыктывкар, 2000. – С. 93–98.
2. Оберман Н.Г., Шеслер И.Г., Рубцов А.И. Экогеология Республики Коми и восточной части Ненецкого Автономного округа. Сыктывкар: ПрологПлюс, 2004. – 256 с.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 1997 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, Департамент по охране окружающей среды Республики Коми, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН – Сыктывкар 1998. – 154 с.
4. Опыт ликвидации аварийных разливов нефти в Усинском районе Республики Коми – Сыктывкар, 2000 – 183 с. (ГУП «Комимелиоводхозпроект»)
5. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2009 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГУ «ТФИ РК». Сыктывкар, 2010. – 120 с.
6. Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса. Часть I. Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми. Сыктывкар, 2006. – 208 с. (Коми научный центр УрО РАН)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СВИНЦОМ НА ЕГО НАКОПЛЕНИЕ В РАСТЕНИЯХ И НА ПОЧВЕННУЮ БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

С.П. Арышева, Е.П. Пименов, О.В. Моисеева, А.И. Морозова

Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН,
г. Обнинск, Калужская обл., arysheva_sv@mail.ru

Свинец, относящийся к группе приоритетных техногенных загрязнителей, в повышенных концентрациях приводит к ряду негативных эффектов в агроэкосистемах, среди которых снижение микробиологической активности почв, потери урожая, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции. Опасность загрязнения окружающей среды Pb заключается в чрезвычайно медленном выведении его из почвы (740–5900 лет), следствием чего является хронический характер его действия. Степень токсичности Pb изменяется в зависимости от конкретных условий и тесно связана с биологической доступностью металла, т.к. эффект его воздействия на организмы зависит в первую очередь от физико-химических свойств почвы и чувствительности организмов к этому элементу.

Цель исследования – изучить влияние загрязнения различных типов почвы свинцом в широком диапазоне концентраций на продуктивность, накопление элемента в конских бобах и на почвенную биологическую активность.

В вегетационном опыте конские бобы (*Vicia faba* L.) сорта Орлецкие выращивали в сосудах ($V = 5$ кг) на дерново-подзолистой супесчаной почве (ДПП) и черноземе типичном (ЧТ). Фоновое (валовое) содержание Pb – 8.6 и 9.0 мг/кг, соответственно. ОДК по Pb для этих типов почв – 32 и 130 мг/кг. В почвы вносили растворы NH_4NO_3 , KCl и KH_2PO_4 из расчета $\text{N}_{200}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$ мг/кг абс. сух. почвы; Pb добавляли по 50, 100, 250, 500, 1000, 1500 мг/кг в ДПП и по 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 мг/кг в ЧТ в виде раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. При внесении питательных веществ корректировали количество N, поступающее с раствором соли металла. Контроль – вариант с NPK. Повторность опыта 6-кратная. После уборки растений (на 110 сут) определяли показатели структуры урожая.

Содержание Pb в почве (1 М ААБ с pH 4.8), в растениях и семенах (сухое озоление) определяли методом ААС (Varian Spectr AA 250+).

Воздействие Pb на биологическую активность почвы определяли по следующим показателям: численность бактерий, актиномицетов и грибов, растущих на агаризованных средах, активность дегидрогеназы, каталазы, уреазы, а также активность нитрификации и аммонификация аргинина. Общую биологическую активность почвы рассчитывали по интегральному показателю (ИПБА).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы MS Excel.

В результате проведенных исследований установлено, что Pb оказал различное влияние на продуктивность бобов, выросших на 2-х типах почвы. При внесении низких концентраций Pb в ДПП и ЧТ увеличилось число (на 14–43 %) и масса семян бобов (на 11–35 %) относительно контроля (табл. 1). Внесение 50–500 мг Pb/кг ДПП и 1001000 мг/кг ЧТ оказало стимулирующее влияние на урожай: число семян увеличилось на 14–43 %, их масса на 11–35 % по сравнению с контролем. Максимально достоверное увеличение числа семян выше уровня контроля на 43 % наблюдалось на ДПП, числа и массы семян на 32 и 26 % на ЧТ в вариантах 250 и 1000 мг Pb/кг почвы, соответственно. В вариантах ДПП, начиная с дозы 1000 мг Pb/кг почвы, масса семян достоверно уменьшилась в 2 раза, а в варианте Pb (1500 мг/кг почвы) число и масса семян снизились уже на 60 и 64 % относительно контроля. При максимальной концентрации Pb (2000 мг/кг) на 50-е сутки (фаза 4–5 листьев) растения погибли. На ЧТ сходный эффект воздействия Pb на урожай наблюдался при более высоких дозовых нагрузках по сравнению с ДПП: при 1500 мг Pb/кг почвы масса семян уменьшилась на 23 %, а при 2500 мг/кг – число и масса семян снизились на 50–55 % по отношению к контролю.

Во всех вариантах загрязнения ЧТ металлом масса растений бобов незначительно отличалась от контроля (± 9 %), только при дозе 1000 мг Pb в кг почвы наблюдалось недостоверное снижение показателя на 13 %. У растений, выросших на ДПП, при 50 мг Pb/кг почвы отмечалось несущественное увеличение этого показателя, а в диапазоне концентраций 500–1500 мг/кг масса надземной части уменьшилась на 14 % с достоверным снижением в 2 раза при наибольшем содержании Pb в почве.

Таблица 1. Влияние загрязнения почв свинцом на урожай конских бобов (на 1 растение), поступление металла в растения и почвенную биологическую активность

Pb, мг/кг почвы	Показатели структуры урожая, %				Содержание Pb, мг/кг			Кн ×10 ⁻²		ИПБА, %
	число семян	масса семян	масса растения	масса семян/ масса рас- тения	почва	растение	семена	растение	семена	
Дерново-подзолистая почва										
0	100	100	100	100	1.39	0.30	0.67	21.68	48.04	100
50	133	117	109	112	36.27*	6.78*	1.19*	18.71	3.29	98
250	143*	135	101	135	152.87*	43.88*	1.44*	28.72	0.94	77*
500	114	111	86	136	232.53*	96.61*	1.78*	30.30	0.56	60*
1000	63	55*	90	65	657.60*	154.48*	2.02*	23.48	0.31	49*
1500	40*	36*	48*	78	993.40*	201.76*	3.35*	20.33	0.34	—
2000 [▲]	—	—	—	—	1371.13*	—	—	—	—	40*
Чернозем типичный										
0	100	100	100	100	1.42	0.56	0.13	40.32	8.81	100
100	114	121	98	123	65.67*	4.99*	0.20*	7.39	0.29	99
500	119	114	91	123	121.07*	9.54*	0.29*	7.89	0.24	84*
1000	132*	126*	87	141*	287.80*	15.85*	0.38*	5.43	0.13	68*
1500	80	77*	95	78	426.50*	18.80*	0.58*	4.41	0.14	56*
2000	83	81	108	72	498.13*	31.48*	0.73*	6.32	0.15	44*
2500	50*	45*	107	43*	621.80*	34.11*	0.91*	5.49	0.15	—

Примечание: [▲] – гибель растений, * – средние значения, достоверно отличающиеся от контроля при $p \leq 0.05$.

Соотношение массы семян к массе стеблей и листьев бобов на ДПП увеличилось на 12–36 % в диапазоне концентраций 50–500 мг Pb в кг почвы, а затем уменьшалось практически на столько же, относительно контроля, при 1000–1500 мг Pb/кг почвы. У растений, выросших на ЧТ, изменение этого параметра имело тот же характер, что и у бобов, культивируемых на ДПП: при 100–1000 мг Pb/кг соотношение увеличивалось значимо на 41 %, а затем снижалось (1500–2500 мг) достоверно на 57 % по сравнению с контролем.

Наблюдается прямая зависимость между уровнями загрязнения почв Pb и содержанием металла в урожае. На ДПП в интервале исследуемых концентраций Pb содержание его в растениях выросло с 23 до 673 раз, а в семенах с 1.8 до 5 раз по сравнению с контролем. На ЧТ этот показатель изменился с 9 до 61 и с 1.5 до 7 раз, соответственно. Наши результаты согласуются с литературными данными о том, что с ростом концентрации Pb в почве происходит увеличение накопления металла в растениях и семенах. Однако транспорт металла в семена происходит гораздо медленнее, чем в стебли и листья, что также подтверждает описанное в литературе наличие в растениях ряда защитных барьеров, препятствующих накоплению ТМ в генеративных органах. Поступление Pb в вегетативные органы конских бобов, выросших на ДПП, происходит гораздо интенсивнее, чем в растения, культивируемые на ЧТ. Это можно объяснить различием в физико-химических свойствах этих почв. ЧТ характеризуется более благоприятными агрохимическими свойствами для роста и развития растений и большей буферной способностью, чем ДПП. Благодаря этому ЧТ может противостоять сдвигу реакции среды в кислую или щелочную сторону, что предотвращает транспорт токсических веществ в растения. Известно, что Pb обладает высоким сродством к органическому веществу почвы, и, закрепляясь в почвенном поглощающем комплексе, становится малодоступным для растений.

Коэффициенты накопления (Кн) свинца в конских бобах — это отношение массовой концентрации металла в растении (семенах) к массовой доле его в почве. В растениях, выросших на ДПП, наблюдалось увеличение показателя в интервале концентраций 250–1000 мг Pb/кг и его снижение при 50 и 1500 мг Pb/кг почвы в среднем в 1.2 раза относительно контроля (табл.). На ЧТ во всем диапазоне исследуемых доз Кн был ниже контроля в 5–9 раз. В семенах конских бобов при концентрации 50–500 мг Pb/кг ДПП Кн уменьшался от 15 до 86 раз, а при максимальном загрязнении его снижение достигло 155 раз по сравнению с контролем. На ЧТ этот показатель уменьшился примерно в 31 раз при низких дозах (1000 мг Pb/кг) в почве и в 63 раза при 2500 мг Pb/кг. Таким

образом, Кн свинца в семенах растений, выросших на ЧТ, снижался в меньшей степени, чем в семенах растений на ДПП.

Микробиологические и биохимические показатели по мере уменьшения чувствительности к загрязнению этим металлом образуют следующий ряд: актиномицеты – бактерии – дегидрогеназа – уреазы – нитрификация – каталаза – аммонификация аргинина – микроскопические грибы. Следует отметить, что негативное воздействие Рb на почвенную биологическую активность более выражено в ДПП, бедной органическим веществом и содержанием питательных веществ.

Анализ ИБПА свидетельствуют о том, что почвенный микробоценоз весьма чувствителен к воздействию Рb (табл.). Согласно критериям микробного сообщества по Домшу с соавт. [Domsch et al., 1983], концентрации металла, приводившие к снижению показателей менее чем на 20 %, были «незначительными», или «безопасными» для почвенных микроорганизмов и осуществляемых ими процессов. Содержание Рb, соответствующее снижению параметров биологической активности менее чем на 50 %, вызывало нарушения, которые, однако, были «обратимыми», или «допустимыми», а снижение более чем на 50 % расценивали как «критический уровень» токсичности Рb по отношению к микробоценозу. Путем расчета ИБПА для разных концентраций металла и используя критерии оценки устойчивости микробного сообщества, установлены уровни токсичности Рb: безопасный – < 250; допустимый – 250–1000; критический – > 1000 мг/кг для ДПП; < 500; 500–2000; > 2000 мг/кг, соответственно, для ЧТ.

ВЫВОДЫ

1. На ДПП в концентрациях до 250 мг Рb/кг отмечена некоторая стимуляция показателей структуры урожая. У конских бобов, выросших на ЧТ при 1000 мг Рb/кг, наблюдалось достоверное повышение вышеназванных величин в 1.3 раза.

2. Начиная с концентрации 1500 мг Рb/кг ДПП, происходило резкое уменьшение числа семян, массы семян и растений в 2–2.7 раза относительно контроля, с последующей гибелью растений при дозе 2000 мг Рb/кг. На ЧТ при максимальной концентрации металла 2500 мг/кг почвы имело место значимое снижение урожая семян в 2–2.2 раза.

3. В целом наблюдалась прямая зависимость между уровнями загрязнения почв Рb и содержанием металла в урожае. Количество Рb в растениях на ДПП при всех исследуемых концентрациях выросло в 23–673 раз и в 1.8–5 раз в семенах по сравнению с контролем. На ЧТ этот показатель увеличивался в 9–61 и в 1.5–7 раз, соответственно. В семенах растений, выросших на ЧТ, Кн свинца снижался в меньшей степени, чем в семенах на ДПП.

4. Негативное воздействие Рb на почвенную биологическую активность более выражено в ДПП, бедной органическим веществом и содержанием питательных веществ. На основании расчета ИБПА установлены уровни токсичности Рb: для ДПП – безопасный < 250; допустимый – 250–1000; критический – > 1000 мг/кг; для ЧТ – безопасный < 500; допустимый 500–2000; критический > 2000 мг/кг.

Авторы выражают благодарность ведущему научному сотруднику, к.б.н. Дикареву В.Г., заведующему лабораторией к.б.н. Анисимову В.С., научному сотруднику, к.б.н. Дикаревой Н.С. и научному сотруднику Корнееву Ю.Н. за помощь в работе.

УДК 631.48

ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАК ФАКТОР ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Е.Г. Афанасьев, П.В. Голушов

Белгородский государственный университет, ewgen_85@mail.ru

Особенностью техногенных ландшафтов является формирование неоднородного рельефа вследствие создания насыпей и выемок различных размеров и формы. Как показали исследования, проведенные нами в 2006–2010 гг. в посттехногенных ландшафтах Белгородской области, формирование почвенного покрова разновозрастных поверхностей отвалов, несмотря на очевидные различия в рельефе и субстрате, имеет ряд общих закономерностей. Пространственные и функциональные характеристики новообразованного почвенного покрова можно рассматривать как результат адаптации почвенной системы к конкретным субстратным условиям и пластике рельефа отва-

лов. Кроме того, этот процесс характеризуется гетерохронностью: разные положения в рельефе определяют разное характерное время формирования почвенного профиля. С возрастом эта особенность проявляется сильнее. На ранних стадиях воспроизводства почв с возрастом усиливается дифференциация новообразованного почвенного покрова в техногенном рельефе.

В июле 2010 г. на территории Старооскольско-Губкинского промышленного района нами проведены исследования новообразованного почвенного покрова на отвалах вскрышных пород Лебединского ГОКа, как фактора стабилизации поверхности (пылеподавления, противоэрозионной устойчивости) и геохимической трансформации (выветривания, инактивации) техногенных субстратов с неблагоприятными эдафическими и потенциально опасными для окружающей среды свойствами.

Развитие исследованных отвалов происходит преимущественно в южном или юго-западном направлениях, поэтому их северные части отличаются большей продолжительностью регенерационных процессов. Регенерационные ниши растительности имеют более благоприятные условия на макросклонах теневых экспозиций. Солнечная экспозиция формирует более жесткие условия, поэтому растительный покров на таких склонах отвалов формируется медленнее и является более разреженным.

Новообразованный почвенный покров формируется на субгоризонтальных и склоновых (с уклоном до 25–27°) поверхностях отвалов, сложенных вскрышными горными породами, содержащих мелкозем, при условии зарастания поверхности высшими растениями. Более интенсивно формирование почвенно-растительного покрова происходит на склонах теневых экспозиций. В настоящее время рецентным (новым) почвообразованием охвачено не менее 60 % поверхности отвалов, где прекращены работы по формированию их поверхности. Возраст почв составляет от нескольких лет до 30–40 лет. Морфологическое строение новообразованных зависит от литологического типа техногенного субстрата: на рыхлых суглинистых, супесчаных и песчаных субстратах образуются почвы с примитивным профилем А–АС–С, на плотных щебнистых породах – АС–С. В целом на отвалах рыхлых вскрышных пород происходит более интенсивное формирование почвенно-растительного покрова по сравнению с отвалами скальных пород. Свойства молодых почв отвалов определяются также типом растительности: после 10–15 летнего периода регенерационной сукцессии фитоценозов происходит разделение трендов почвообразования на дерновый (под травянистой растительностью) и лесной (под деревьями). В случае дернового почвообразовательного процесса формируются почвы с хорошо выраженным органо-минеральным аккумулятивным горизонтом, развивающимся параллельно с формированием дернины. Такие почвы имеют высокую противодефляционную устойчивость, в меньшей степени способны противостоять размыву. Почвы лесного генезиса имеют органогенный горизонт А₀, предотвращающий их денудацию, но органо-минеральный аккумулятивный горизонт в них развит слабее, по сравнению с одновозрастными дерновыми почвами.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 09-05-97505-р_центр_а.

УДК 631.416.9

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Г.В. Ахметова

Институт леса Карельского научного центра РАН, г.Петрозаводск, akhmetova@krc.karelia.ru

Почва – чрезвычайно динамичная система, почвенный покров и свойства почв непрерывно меняются в пространстве и во времени. В частности, во время вегетационного периода содержание подвижных форм микроэлементов существенно изменяется, при этом была отмечена быстрая смена максимальных и минимальных их значений, что свидетельствует о напряженности биогеохимических процессов и связи с краткостью биологически активного периода в почве.

Выявление характера временной динамики в естественных условиях является необходимым условием проведения мониторинга и служит основой для прогнозных разработок в связи с продолжающимся загрязнением окружающей среды. Данные о временной изменчивости содержания подвижных соединений микроэлементов в почвах также необходимы для определения сроков от-

бора почвенных образцов. Изучение количественных изменений микроэлементов во времени позволяет оценить обеспеченность растений элементами питания в отдельные моменты вегетации.

Исследования проводилось на постоянных стационарных площадях в условиях среднетаежной подзоны в заповеднике Кивач, занятых сосняком брусничным и ельником черничным. Изучаемые почвы – подзол иллювиально-железистый песчаный на двухчленных отложениях под сосняком и подзол иллювиально-гумусово-железистый пылевато-песчаного на морене под ельником. Почвенные образцы отбирались с трех верхних горизонтов почв в трехкратной повторности ежемесячно в течение вегетационного периода 2009 года – с апреля по сентябрь.

Подвижные формы ряда микроэлементов (меди, цинка, никеля, кобальта, хрома и марганца) извлекались при помощи аммонийно-ацетатного буферного раствора с рН 4.8, а их содержание определялось на атомно-адсорбционном спектрофотометре.

Было установлено, что в изучаемых почвах в течение вегетационного периода происходит значительное изменение содержания подвижных форм микроэлементов — в большинстве случаев коэффициенты вариации были очень высокими и достигали 200 %.

Проведенный корреляционный анализ между элементами климата (температурой воздуха и количеством осадков) и содержанием подвижных форм микроэлементов в почвах показал, что четко выраженной зависимости между этими показателями нет. Кроме того, выявлялось наличие взаимосвязей между содержанием микроэлементов и некоторыми свойствами изучаемых почв (кислотности, обогащенности почв органическим веществом, влажности почв). При этом корреляционные связи между изучаемыми параметрами почти не прослеживались в почвах сосняка, тогда как в почвах ельника они были тесными.

Общих закономерностей в сезонных изменениях содержания подвижных форм микроэлементов не было выявлено, были обнаружены только частные тенденции. Так, содержание подвижных соединений цинка в почвах было достаточно стабильным и изменения не были сильными. Аналогичная закономерность была характерна и для соединений марганца. Содержание подвижных форм меди в почвах увеличивалось к концу вегетационного периода. Для остальных микроэлементов было общим появление максимума их содержания в середине сезона.

Было отмечено, что динамика содержания подвижных форм микроэлементов для почв разных биогеоценозов не всегда совпадает, что свидетельствует о различном характере протекающих в них биогеохимических процессов.

УДК 631.432

ДИНАМИКА ГИДРОМОРФНОГО ПРОЦЕССА В ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

А.Б. Ахтырцев, Е.К. Кабанцова

Воронежский государственный педагогический университет, soil@agrochem.vsau.ru

В современный период решение проблемы истории формирования и эволюции почв в голоцене опирается на использование фактических материалов, полученных на основе комплексных почвенно-археологических исследований почв. Совместные исследования с археологами в 1984–1998 гг. дали большой материал для познания истории формирования и эволюции основных типов почв Среднерусской лесостепи и, в частности, гидроморфных почв. Сравнительное изучение погребенных и фоновых почв с использованием почвенно-археологического, сравнительно-географического и сравнительно-аналитического методов, результаты которого опубликованы в ряде наших работ, свидетельствуют о сложной истории развития гидроморфных почв, обусловленной непостоянством ландшафтно-экологических условий Среднерусской лесостепи с конца плейстоцена до нашего периода.

Новейшие палеогеографические исследования показывают, что в древнем голоцене в этом регионе были распространены перигляциальные ландшафты и развивалось криогенное почвообразование. В интервале 10–8 тыс. л.н. они сменяются лесостепными ландшафтами из березово-сосновых лесов с примесью дуба и гидроморфных луговых формаций. В этот период на низменных равнинах формировался гидроморфный почвенный покров из лесолуговых глеевых, луговых и болотных почв. В атлантический период увеличение температуры и суммы осадков в бассейне Дона составляло 1° и 50–100 мм по сравнению с современными. В благоприятных гидротермических

условиях при слабой дренированности территории интенсивно развивалось гидроморфное и полугидроморфное почвообразование, которое по мере изменения экологических условий и нарастания расчлененности водоразделов частично трансформировалось в автоморфное. На месте распространения современных лесостепных и степных черноземов к концу атлантического периода образовались черноземно-луговые, лугово-черноземные палеопочвы и палеочерноземы карбонатные слабозасоленные.

В период 7–5 тыс. л.н. направленность почвообразования менялась и периоды выщелачивания сменялись периодами капиллярного подъема грунтовых вод в почвенный профиль, что привело к развитию гидроморфизма, засоления и окарбоначивания почв.

Исследование почв под курганами, разного возраста (от 4 до 1 тыс. лет) свидетельствует о том, что в эпоху бронзы фоновыми компонентами палеопочвенного покрова были: на дренированных водоразделах Среднерусской и других возвышенностей — палеочерноземы карбонатные засоленные под лугово-степной растительностью и серые лесостепные палеопочвы в дубравах, черноземно-луговые и лугово-черноземные карбонатные солонцевато-засоленные палеопочвы на недренированных равнинах. Кроме того, в структуре почвенного покрова присутствовали черноземно-луговые палеосолонцы.

Уже в середине II тыс. до н.э. в типичной и южной лесостепи Окско-Донской равнины сложился сложный контрастный почвенный покров, в структуре которого доминировали черноземно-луговые и лугово-черноземные палеопочвы. Наиболее широкое распространение имели полноразвитые полугидроморфные лугово-черноземные карбонатные слабозасоленные среднемощные палеопочвы, хорошо сохранившиеся под многочисленными курганами-могильниками эпохи бронзы на междуречных водоразделах. Мощность их колебалась в пределах 65–76, а на пологих склонах — 45–60 см. Наличие миграционных форм карбонатов по всему профилю и железисто-марганцевых конкреций в его нижней части, слабая засоленность, очень постепенное уменьшение содержания гумуса в пределах гор. [А] и [АВ], его гуматный состав, однородность гранулометрического и валового химического состава, морфологическое строение профиля подтверждают, что рассматриваемые палеопочвы формировались под растительностью луговой степи в условиях теплого, влажного климата и неглубокого залегания уровня грунтовых вод, подтягивание которых к поверхности и испарение способствовали пропитке почвенных горизонтов карбонатами и слабому накоплению легкорастворимых солей.

Сопоставление лугово-черноземных палеопочв эпохи бронзы с почвами, погребенными под курганами 3.5–1 тыс. лет назад, и современными лугово-черноземными почвами дает основание утверждать, что их дальнейшая эволюция в условиях общего похолодания и значительной влажности климата, наступивших в субатлантический период, шла по пути усиления выщелачивания и увеличения мощности почв. Это привело к трансформации их в лугово-черноземные обычные мощные тучные и среднегумусные почвы, которые являются главным компонентом современного почвенного покрова южной части Окско-Донского плоскогорья. Обзор обширных материалов почвенно-археологических исследований свидетельствует о том, что в Европейской лесостепи в почвообразовании на протяжении голоцена, особенно в атлантический период, важную роль играл гидроморфный процесс. Его проявление было неодинаковым на дренированных возвышенностях и низменностях лесостепи Русской равнины.

На возвышенностях продолжительность и интенсивность гидроморфного процесса была меньшей и формировавшиеся гидроморфные и полугидроморфные почвы уже к эпохе бронзы трансформировались в черноземы карбонатные слабозасоленные с остаточными признаками гидроморфизма. Дальнейшая их эволюция была связана с неоднородными колебательными изменениями природных условий, усилением дренированности территории, что способствовало прогрессирующему развитию автоморфного процесса, нарастанию выщелачивания, мощности и гумусированности почвенного профиля. Лишь вмешательство человека (слабое начиная с эпохи бронзы, интенсивное в последние столетия) осложнило этот процесс и вызвало антропогенную деградацию черноземов. Общая схема эволюции черноземов на рассматриваемой территории на протяжении голоцена представляется на основе существующих фактических материалов предположительно в таком виде: гидроморфные и полугидроморфные аналоги черноземов (атлантический период) — черноземы карбонатные слабозасоленные (суббореальный период) — черноземы типичные и выщелоченные (конец суббореального и субатлантический период).

На низменных равнинах в условиях большего увлажнения преимущественно из-за близкого к поверхности залегания грунтовых вод на недренированных междуречьях развитие почв осуществлялось по схеме: гидроморфные и заболоченные почвы лугового ряда (атлантический период) – черноземно-луговые и лугово-черноземные карбонатные разной степени засоления и солонцеватости почвы (суббореальный период) – полугидроморфные лугово-черноземные и гидроморфные черноземно-луговые современные почвы с комплексом почв западных ландшафтов (субатлантический период).

Установлено, что к началу II тыс. до н.э. в лесостепи Русской равнины на низменностях сформировались гидроморфные черноземно-луговые солонцеватые палеопочвы, принимавшие значительное участие в структуре палеопочвенного покрова эпохи ранней бронзы. Сравнительное изучение солонцеватых палеопочв, современных фоновых лугово-черноземных и черноземно-луговых, черноземно-луговых карбонатных и осолодевающих солонцов показало, что формирование солонцеватых палеопочв в конце первой половины голоцена было обусловлено наложением солонцеобразования на развивавшийся в период голоценового оптимума черноземно-луговой процесс почвообразования. В дальнейшем, начиная со второй четверти II тыс. до н.э., наблюдалось усиление выщелачивания, рассолонцевания, а местами и осолодения палеосолонцов, в результате чего они постепенно эволюционировали в современные зональные черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы с разной степенью выраженности признаками элювиально-иллювиальной дифференциации профиля. Наличие у лугово-черноземных и черноземно-луговых почв явной элювированности связано с осолонцеванием их в конце первой половины голоцена и последующим рассолонцеванием, выщелачиванием в эпоху бронзы и в субатлантическое время.

УДК 626

НОРМА ОСУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПРИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ.

Б.В. Бабилов

Санкт-Петербургская Государственная Лесотехническая Академия

Осушения заболоченных земель и болот проводят в целях использования их для сельскохозяйственного или лесохозяйственного использования. Под осушением следует понимать не собственно осушение, а уменьшение запасов влаги в верхних горизонтах почвы путем понижения уровня грунтовых вод. Величина их понижения называется нормой осушения. Норма осушения различна при сельскохозяйственном и лесохозяйственном использовании осушенных земель. При сельскохозяйственном использовании земель необходима обработка почвы различными машинами. В лесном хозяйстве осушенные земли, как правило, машинами не обрабатываются, а происходит естественное облесение. Поэтому и нормы осушения различны. В лесном хозяйстве норма осушения ограничена глубиной грунтовых вод 40–50 см. Часто грунтовые воды достаточно понизить и на меньшую величину (табл. 1). Величина понижения грунтовых вод зависит от типа болота.

Таблица 1. Уровни грунтовых вод на осушенных болотах за май-сентябрь, см.

15 м от канала			65 м от канала		
Средний	Минимальный	Максимальный	Средний	Минимальный	Максимальный
Верховой торфяник					
23	4	46	21	4	43
Переходный торфяник					
65	24	101	49	8	90

Приведенные в таблице положение уровней грунтовых вод создается как под влиянием осушительных каналов, за счет стока, так и в результате расхода влаги на испарение древостоем (транспирацию). Глубина каналов в обоих случаях около 1.0–1.2 м. Древостой на верховом болоте менее развит и оценивается II–III, на переходном древостой I класса бонитета.

Сток воды в каналы, в соответствии с законом Дарси, возможен только при наличии уклона уровня грунтовых вод. В таблице 2 приведены гидрологические характеристики, при которых возможен сток в каналы.

Исследования показывают, что при уклоне менее 0.0021–0.0035 сток воды в каналы практически прекращается. Поэтому при глубине осушительных каналов 1.0–1.2 м, грунтовые воды не

могут быть понижены более чем на 35–45 см на верховом и 63 см на переходном торфянике. При таких условиях собственно осушение болот не происходит.

Оценку степени осушенности проводят по влажности почвы (табл. 3). Влажность почвы определялась методом термостатной сушки образцов. Образцы отбирались дважды в месяц, в течение 5-ти лет.

Таблица 2. Гидрологические характеристики стока воды в каналы.

Характеристика	Верховой торфяник		Переходный торфяник
	Расстояние между каналами, м		
	65 м	130 м	130 м
Глубина грунтовых вод, см по середине между каналами, см	45	35	63
Напор, см	20	14	17
Уклон грунтовых вод	0.0035	0.0021	0.0021

Период наблюдения за влажностью можно считать маловодным. Среднее количество осадков за май–сентябрь составило 236 мм, при норме 363 мм.

Влажность почвы верховых торфяников колебалась в пределах 46–61 %, переходных 34–40 %. На глубине 15 см запас влаги всегда оставался высоким 66–74 % на верховых и 62–66 % на переходном торфянике. При осушении каналами отводится гравитационная вода, составляя около половины расходуемой влаги почвы. Остальная влага расходуется на суммарное испарение, значительная часть которой – транспирация древостоем. На переходном торфянике произрастает наиболее развитый древостой I класса бонитета, здесь больше транспирация. Это одна из причин большего понижения грунтовых вод.

Таблица 3. Запас влаги в почве, объемн. %.

Расстояние до канала, м	Глубина, см	Сумма осадков по годам за V–IX, мм					Среднее
		285	266	381	223	203	
Переходный торфяник							
11	5	58	56	59	61	46	56
	15	64	67	74	72	52	66
	30	72	74	88	82	78	78
32	5	61	58	67	67	65	63
	15	71	67	81	76	74	74
	30	77	78	87	91	78	82
65	5	78	63	81	79	64	73
	15	81	73	89	90	73	81
	30	96	83	99	99	93	94
Верховой торфяник							
13	5	33	36	40	37	24	34
	15	66	61	66	66	61	62
	35	75	70	78	79	70	74
65	5	40	40	50	46	31	41
	15	73	66	72	76	68	70
	35	82	76	80	78	72	78

В любом случае после гидромелиорации болот иссушения их не происходит, а удаление из верхних горизонтов почвы гравитационной влаги обеспечивает их достаточную аэрацию, обеспечивая воздухообмен в системе почва-атмосфера.

Удаление гравитационной влаги приводит к активизации аэрации почвы, что приводит к улучшению состава почвенного воздуха.

Исследования показывают, что в верхних горизонтах почвы в почвенном воздухе увеличивается содержание кислорода до 19–20 % при содержании CO₂ до 0.5–1.0 %. При этом интенсифицирует процесс почвообразования. С течением времени на осушенных болотах формируются богатые торфяные почвы.

ЛИТЕРАТУРА

Бабиков Б.В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах. – М.: Наука. 2004 с.

ЭМИССИЯ N-N₂O В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И УГЛЕРОДА В ПОЧВЕТ.А. Банкина¹, Н.П. Бучкина², М.В. Зайцева¹¹Санкт-Петербургский государственный университет, bankinaagro@rambler.ru²Агрофизический институт

Интерес к изучению эмиссии закиси азота из почв агроценозов связан с тем, что N₂O является парниковым газом и увеличение его концентрации в атмосфере – одна из причин глобального изменения климата. Кроме того, газообразные потери азота из почв агроценозов означают потерю одного из важнейших элементов питания растений. По данным мирового научного сообщества на почвы агроэкосистем приходится половина всех эмиссий закиси азота. Однако до настоящего времени в России данные по фактическим почвенным эмиссиям закиси азота отсутствуют или представлены в виде потенциальной денитрифицирующей способности почв.

Цель исследования – определить фактическую и потенциальную эмиссию закиси азота в зависимости от содержания соединений азота и углерода в дерново-подзолистых почвах различной окультуренности.

Исследования были проведены в условиях полевого опыта на Меньковской опытной станции Агрофизического института в Ленинградской области.

Отбор образцов воздуха для определения фактической эмиссии закиси азота проводили методом закрытых камер с мая по октябрь один раз в неделю. Измерение концентраций закиси азота в образцах воздуха проводили на газовом хроматографе с детектором электронного захвата (ДЭЗ). Динамика эмиссии закиси азота была четко выражена. Все почвы продуцировали наименьшее количество закиси азота в июле и октябре. В июле происходило интенсивное потребление нитратов растениями, а в октябре ограничивающим фактором для их образования была пониженная температура. Суточная эмиссия закиси азота в зависимости от окультуренности почвы колебалась от 1.5 до 9.8 г/га. Наибольшее количество закиси азота продуцировали почвы в мае и июне, что связано с незначительным усвоением минеральных форм азота ячменем, который находился в это время в фазе кущения и начала выхода в трубку, а запасы минеральных форм азота были значительными (87–100 кг/га).

Кумулятивный поток закиси азота в атмосферу за вегетационный период составил 313–728 г/га в зависимости от окультуренности почвы. Установлено, что эмиссия закиси азота возрастала с увеличением биологической активности почвы, содержания лабильного углерода и углерода легкой фракции. Коэффициенты корреляции были соответственно 0.98 ± 0.01 ; 0.94 ± 0.03 ; 0.93 ± 0.01 . Установлена сильная связь между эмиссией закиси азота и содержанием нитратов в почвах ($r = 0.93 \pm 0.02$). Показано, что содержание в почвах азота аминокислот и азота гексозаминов слабо коррелирует с эмиссией N₂O. Потенциальная денитрификация определена ацетиленовым методом Федоровой и составила 1.5–5.8 кг/га за вегетационный период, что в 5–8 раз больше, чем фактическая эмиссия. Соотношение между процессами азотфиксации и денитрификации свидетельствуют об устойчивости и степени замкнутости азотного цикла. В естественных ценозах количественное отношение между процессами азотфиксации и денитрификации равно 1, поскольку эти процессы уравновешены. Такой системой, близкой к природной, оказалась среднеокультуренная почва. В хорошо окультуренной почве, содержащей больше 100 кг/га минерального азота, азотфиксация находилась на низком уровне, соотношение процессов равнялось 0.5, что характеризует почву, как неустойчивую систему способную быстро менять стабильность. Таким образом, искусственно созданное высокое плодородие почвы путем применения органических и минеральных удобрений способно создавать довольно значительный урожай зерна ячменя (45 ц/га), но разбалансировать азотный цикл и создать экологическую напряженность.

РОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ В ФОРМИРОВАНИИ ИХ БУФЕРНОЙ СПОСОБНОСТИ В ОТНОШЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ ^{60}Co И ^{65}Zn

А.В. Бахвалов, И.В. Кочетков, В.С. Анисимов

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск, mc222@rambler.ru

Разработан простой метод сравнительной оценки буферности (способности почв противостоять миграционной подвижности ТМ в системе почва-растение) различных типов почв, загрязненных ТМ. Речь идет о сравнительной оценке буферности различных почв. В качестве объектов исследования были использованы: 5 типов и разновидностей минеральных почв, распространенных в европейской части России, тест-культура ячмень сорта «Зазерский-85» и 2 тяжелых металла – Co (^{60}Co) и Zn (^{65}Zn).

Суть методики заключается в оценке вклада отдельных характеристик почвенного состояния, играющих ключевую роль в регулировании подвижности и биологической доступности ТМ. К таким характеристикам почв (независимым переменным – НП) мы отнесли: содержание органического вещества, емкость катионного обмена, количество глинистых частиц (содержание фракции < 0.01 мм), содержание подвижного фосфора, подвижных форм Fe и Mn, коэффициенты распределения ТМ между твердой и жидкой фазами почв – K_d и степень насыщенности почв основаниями (E , %). Последний отражает качественный состав катионов в ППК и связан с гидролитической кислотностью, суммой обменных оснований и pH. K_d характеризует актуальную подвижность ТМ в почве (чем выше K_d , тем ниже подвижность ТМ).

Если выборка почв невелика (количество НП меньше $n-1$), использование множественного регрессионного анализа невозможно. В этом случае составляется матрица коэффициентов парной корреляции (и соответствующих им коэффициентов детерминации) между НП и накоплением ТМ в растениях. Это снижает определенность в учете вклада каждой НП в варьирование общего признака, поскольку не учитываются эффекты взаимодействия между различными переменными. Далее рассчитывается значимость (L) каждой переменной в варьировании общего признака: выбирается переменная с наименьшим значением R^2 ; значения R^2 всех остальных переменных нормируются на вышеуказанную величину (для нее $L = 1$); рассчитывается вклад каждой НП в варьировании результативного признака (%) = $L_i/\sum L_i$. Значения вкладов нельзя умножать на конкретные значения НП, так как они имеют различную размерность (для гумуса – единицы %, а для содержания подвижных форм Fe, Mn – тысячи мг/кг), и здесь можно получить несоответствие между вкладом гумуса и полуторных оксидов в варьирование результативного признака. Поэтому необходимо ввести в формулу определения буферной способности почв не значения переменных, а некоторые нормированные величины, отражающие различия почв по агрохимическим показателям. На наш взгляд, эта задача разрешима, если произвести нормирование соответствующих переменных на средние значения ($X/X_{\text{ср}}$), рассчитанные для взятой на анализ выборки почв. Далее представлены результаты определения буферной способности почв в отношении ионов Co с использованием радиоактивного индикатора ^{60}Co :

НП	Значимость	Вклад	$X_{\text{ср}}$	$X_K/X_{\text{ср}}$	$X_{\text{ЛБ}}/X_{\text{ср}}$	$X_{\text{ПДП}}/X_{\text{ср}}$	$X_{\text{ПДС}}/X_{\text{ср}}$	$X_{\text{Ч}}/X_{\text{ср}}$
Гумус, %	1.00	1.73	5.4	0.42	3.10	0.27	0.25	0.96
ЕКО, мг-экв/100 г	1.02	1.76	29.4	1.11	1.91	0.23	0.34	1.40
E , %	9.12	15.77	73.5	1.33	0.38	1.01	1.01	1.27
Фракция < 0.01 мм, %	17.19	29.72	37.2	1.72	0.52	0.49	0.98	1.29
мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{кг}$	7.49	12.94	25.3	1.59	1.19	0.58	0.40	1.24
Fe, мг/кг	1.38	2.38	11338.0	0.74	2.12	0.55	0.98	0.61
Mn, мг/кг	3.79	6.55	1140.7	1.17	0.53	0.76	1.78	0.76
K_d (^{60}Co)	16.87	29.16	1235.4	1.63	0.59	0.43	0.45	1.90
Буферность		100.0		147.1	50.6	54.2	72.6	134.3

К – каштановая, ЛБ – лугово-болотная, ПДП – дерново-подзолистая супесчаная, ПДС – дерново-подзолистая среднесуглинистая, Ч – чернозем выщелоченный.

Работа рекомендована к.б.н., зав. лаб. аналитической химии ГНУ ВНИИСХРАЭ В.С. Анисимовым.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ
В АГРОЭКОСИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ**

Л.И. Белых

Иркутский государственный технический университет, bgd@istu.irk.ru

Сравнительную оценку интенсивности поглощения сельскохозяйственными (с.-х.) растениями провели для таких биофильных и загрязняющих компонентов как цинк подвижный и валовой ($Zn^П$ и $Zn^В$), медь (Cu), фтор (F), свинец (Pb) и бенз(а)пирен (БП). В качестве количественного показателя использовали стандартизированные коэффициенты биологического поглощения (K_{610}) при концентрации поглощаемого компонента в почве равной $C_n = 10$. Стандартизированные коэффициенты рассчитывали из функциональных линейных зависимостей $\lg K_6 = a \lg C_n + b$ по собственным и литературным данным. Как было показано в работе [1], стандартизированные коэффициенты поглощения дают более точные сравнительные оценки, т.к. учитывают зависимости поглощения растениями веществ от их концентрации в почве.

Найденные значения коэффициентов поглощения исследуемых элементов и веществ K_{610} для разных органов с.-х. культур приведены в таблице.

Для надземных органов — листьев картофеля и капусты, прямо контактирующих с атмосферными выпадениями, наибольшие коэффициенты поглощения обнаружены для БП. В случае зерна пшеницы, которое защищено внешней оболочкой, накопление БП уступало биофильному цинку и подвижному фтору.

Для подземных органов — клубней и корнеплодов соответственно картофеля и свеклы, в которые вещества поступают преимущественно из почвы, максимальные значения K_{610} были у меди и двух форм цинка, которые варьировали в диапазоне 1.1–8.7, что соответствовало «сильно накапливаемым» элементам (1–10) по шкале интенсивности поглощения В.В. Плынова и А.И. Перельмана. Накопление БП происходило с интенсивностью «слабого захвата» (0.01–0.1) и превышало поглощение токсичного свинца, характеризующегося степенью «очень слабого захвата» (0.001–0.01).

Таблица. Интенсивность поглощения веществ с.-х. культурами (прочерк – нет данных)

Растение и его орган	Стандартизированные коэффициенты поглощения, K_{610}					Ряд биофильности
	БП	F	$Zn^П$ и $Zn^В$	Cu	Pb	
Наземные органы						
Картофель ботва	5.0 ± 4.0	—	4.3 ± 3.0^П 1.1 ± 0.9^В	—	—	БП > $Zn^П$ > $Zn^В$
Капуста листья	0.06 ± 0.05	—	—	0.02 ± 0.01	0.008 ± 0.006	БП > Cu > Pb
Пшеница зерно	0.13 ± 0.11	0.5 ± 0.4	3.6 ± 2.5^П 1.1 ± 0.9^В	—	0.12 ± 0.10	$Zn^П$ > $Zn^В$ > F > БП > Pb
Подземные органы						
Картофель клубни	0.02 ± 0.01	1.0 ± 0.7	1.9 ± 0.4^П 1.1 ± 0.8^В	8.7 ± 7.5	0.005 ± 0.003	Cu > $Zn^П$ > $Zn^В$ > F >> БП > Pb
Свекла корнеплоды	0.05 ± 0.04	0.3 ± 0.2	2.8 ± 2.0^П 0.4 ± 0.2^В	—	—	$Zn^П$ > $Zn^В$ > F > БП

ЛИТЕРАТУРА

Белых Л.И., Рябчикова И.А., Серышев В.А., Пензина Э.Э., Тимофеева С.С. Количественные показатели распределения веществ в системе почва-растение // Почвоведение. № 2. 2007. – С.197–207.

Кремний (Si) — один из самых распространенных в природе химических элементов. Принято считать, что он не нужен для завершения жизненного цикла высших растений, но может быть им полезен (Marschner, 1997). В присутствии кремния выше механическая прочность листьев, устойчивость растений к грибным заболеваниям или действию неблагоприятных факторов среды (Liang et al., 2003; Gong et al., 2005; Fauteux et al., 2005; Матыченков, 2008; Fleck et al., 2010; Yao et al., 2010). Многие биологические эффекты, вызываемые кремнием, обусловлены его модифицирующим влиянием на сорбционные свойства клеток. Клеточные стенки растений, обогащенные кремнекислыми группами, способны лучше связывать и тем самым обезвреживать металлы (включая тяжелые), если последние присутствуют в среде в избыточных концентрациях. Как влияет кремний на растения при недостатке металлов, особенно тех, которые необходимы растениями в относительно небольших количествах (микроэлементов), пока не известно.

В наших экспериментах с водными культурами установлено, что кремний способен выполнять уникальную роль — повышать устойчивость двудольных растений (огурец, тыква) с наземным способом прорастания к дефициту железа. В присутствии кремния у растений замедлялось развитие симптомов хлороза, что происходило вследствие возрастания содержания железа в соке проводящей части побега, особенно над семядолями. Этот положительный эффект носил временный характер: исчезал в результате естественного старения или искусственного удаления семядолей, и не проявлялся у злаков (ячменя, кукурузы). Двудольные растения, содержавшие кремний, характеризовались в условиях недостатка железа более интенсивным по сравнению с растениями без кремния вегетативным ростом, что важно для освоения растениями дополнительных источников доступного железа в почве в случае его дефицита. При нормальном снабжении растений микроэлементами (Fe, Mn, Zn) влияние кремния на концентрацию хлорофилла в листьях и рост побегов было несущественным.

Положительное влияние лабильных форм кремния на рост огурца обнаруживалось не только в опытах с водными культурами, но и при выращивании растений в супесчаной дерново-подзолистой почве, обогащенной карбонатом кальция. Такая почва характеризовалась низкой концентрацией растворимых в воде форм кремния и железа. Добавление соединений кремния в контрольную почву в отсутствие карбоната кальция, т.е. при высокой концентрации в почве растворимых в воде соединений железа, достоверно не отражалось на росте растений.

Выявленное нами положительное влияние кремния на накопление железа в побегах у двудольных растений (огурца, тыквы) можно объяснить, если предположить, что кремний причастен к синтезу каких-то связывающих железо транспортеров (лигандов), поскольку в форме комплексов с лигандами сорбция катионов, включая железо, отрицательно заряженными компонентами растительных клеток ослабевает. Эти лиганды должны быть специфичны к железу, так как в отношении транслокации других микроэлементов (Mn, Zn) положительного эффекта кремния не отмечено. Образование лигандов, облегчающих в присутствии кремния транспорт к листьям эндогенных форм железа, по-видимому, локализовано в зеленых выполняющих функции листа семядолях двудольного растения. После удаления таких семядолей или их затемнения положительный эффект кремния в отношении транспорта железа или концентрации хлорофилла в листьях у изученных представителей тыквенных не проявлялся.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

УДК 631.46+631.61

ПРОЦЕССЫ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ОТВАЛАХ БОРОДИНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.В. Богородская, О.В. Трефилова, А.С. Шишкин

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, anbog@ksc.krasn.ru

Добыча угля карьерным способом приводит к полной трансформации естественных ландшафтов и экосистем на больших территориях. Техногенные почвогрунты вскрышных пород существенно отличаются от зональных почв и представляет собой стерильный неэкоотоп, осваиваемый организмами «с нуля». Инициальные экосистемы техногенных ландшафтов, развивающиеся на отвалах вскрышных пород, являются удобной моделью для определения скорости и направленности экогенеза, отдельных его стадий: проявления сингенетических сукцессий зоо-, микро- и фитоценозов, а также течения элементарных (первичных) процессов почвообразования.

Изучение свойств и функциональных откликов микрофлоры на параметры среды в техногенных почвах проводили на отвалах Бородинского бурогоугольного месторождения (восточная часть КАТЭКа). Для изучения трех сукцессионных серий (лесная, луговая, эрозийная) на отвалах различной давности и технологии рекультивации подобрано 5 пробных площадей и 2 контрольных участка, характеризующих условно-ненарушенные ценозы Каннской лесостепи (лес и луг).

Показано, что естественное зарастание рекультивированных вскрышных пород без нанесения плодородного слоя почвы (ПСП) на первом этапе определяется поверхностной эрозией и уже через 2–3 года они активно заселяются древесно-кустарниковой растительностью. По содержанию основных питательных элементов и легкоминерализуемого азота литостраты значительно уступают фоновым почвам. Наибольшей сбалансированностью микробиологических процессов характеризуется 28-летний литострат лесного сообщества сформировавшегося на выровненной поверхности, тогда как в 20-летних литостратах отвалов с постоянной плоскостной эрозией отмечено отсутствие типичной для фоновых ценозов сезонной динамики структуры и численности эколого-трофических групп микроорганизмов, неразвитость и очаговость микробиологического профиля, низкие показатели активности и неустойчивость функционирования микробного комплекса. Все это указывает на незрелость микробных комплексов, которые находятся на инициальной стадии развития.

Нанесение ПСП даже к 28-ти годам не приводит к восстановлению основных физико-химических свойств почв и не обеспечивает азотного питания растениям на уровне фоновых почв. В свою очередь, на отвалах с нанесением ПСП развитие микробных комплексов происходит быстрее, что связано с начальным плодородием нанесенного почвенного слоя, а также с более быстрым и плавным развитием растительности, в результате чего происходит накопление почвенного органического вещества и интенсификация процессов минерализации-гумификации растительных остатков. 28–23-летние реплантоземы характеризуются сбалансированностью процессов минерализации–иммобилизации органического вещества, выраженной внутрисезонной динамичностью микробиологических процессов, а также целостностью и дифференциацией микробиологического профиля, что свойственно зрелым микробным сообществам. Молодой 4-летний реплантозем находится на стадии развития (активного освоения субстрата). Нестабильность функционирования микробоценоза молодого реплантозема может быть связана как с активно идущими почвообразовательными процессами (формирования почвенной структуры), так и с конкуренцией за доступные органические вещества и азот с активно развивающейся растительностью.

УДК 630×114.68:630×43

ПОСЛЕПОЖАРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБОЦЕНОЗОВ И ДИНАМИКА ЭМИССИЙ УГЛЕКИСЛОТЫ ИЗ ПОЧВ В СОСНОВЫХ И ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.В. Богородская

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, anbog@ksc.krasn.ru

Лесные пожары в бореальных лесах Сибири являются естественно-историческим фактором развития современных лесных сообществ и направленности процессов почвообразования (Фурьев, 1996). Известно, что в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства и гидротермический режим почв, что оказывает непосредственное влияние на функционирование

микробоценозов. Основное количество пожаров по числу и площади приходится на светлохвойные леса Средней Сибири, чем объясняется актуальность исследований в этой зоне микробоценозов в почвах после пожаров с известными количественными параметрами, характеризующими интенсивность огня.

Исследования проводились в 2000–2010 гг. в среднетаежных ($60^{\circ} 38'$ с.ш. и $89^{\circ} 44'$ в.д.) и южнотаежных ($58^{\circ} 35'$ с.ш. и $98^{\circ} 55'$ в.д.) кустарничково-лишайниково-зеленомошных сосняках и южнотаежных ($58^{\circ} 36'$ с.ш. и $98^{\circ} 57'$ в.д.) мелкотравно-зеленомошных лиственничниках Средней Сибири. На участках по 4 га (в лиственничниках по 1 га) в 2000–2007 гг. проведена серия пожарных экспериментов, представляющих собой контролируемые выжигания, максимально приближенные к естественным пожарам. Изучение микробоценозов почв проводилось на 14 экспериментальных участках, пройденных пожарами разной интенсивности.

Выявлено, что пожары средней и, особенно, высокой интенсивности в первый год оказывают негативное влияние на структуру и функциональную активность микробных комплексов почв: снижается численность и биомасса микроорганизмов азотно-углеродного цикла, обедняется качественный состав, уменьшается интенсивность микробного дыхания, повышается олиготрофность почв в отношении азота. Скорость послепожарного восстановления структуры и функциональной активности микробных комплексов почв сосняков определяется как первоначальной силой воздействия пирогенного фактора, так и особенностями динамики гидротермических и трофических условий почв изучаемых сосняков. После низкоинтенсивных пожаров состояние микробных комплексов сосняков и смешанных лиственничников восстанавливается в течение одного-двух лет.

Установлено, что действие пожара высокой интенсивности на микробоценоз бурозема темного оподзоленного в южнотаежном смешанном лиственничном насаждении неодинаково в пределах одного участка: величина послепожарных изменений численности, биомассы и активности микроорганизмов зависит от степени прогорания подстилки и напочвенного покрова во время пожара. Наибольшему воздействию пожара подвергались микробоценозы подстилки и верхнего 5 см слоя темногумусового горизонта в зонах с сильным прогоранием.

Микробные комплексы бурозема темного оподзоленного после пожаров разной интенсивности в южнотаежном смешанном лиственничнике быстрее восстанавливают свою функциональную активность, чем микробоценозы песчаных подзолов пирогенных лишайниково-зеленомошных сосняков той же лесорастительной зоны, что можно объяснить, как более высокой допозарной трофностью бурозема темного оподзоленного, так и быстрым и обильным восстановлением напочвенного покрова в пирогенных смешанных сосново-лиственничных насаждениях.

Величина эмиссий углекислоты из минеральной части почвы изучаемых древостоев после пожаров высокой интенсивности снижена по сравнению с контролем в течение 3–8 лет, тогда как после низкоинтенсивных пожаров — восстанавливается в течение двух лет.

Работа выполнена при поддержке ISTC (проект № 3695).

УДК 631.4

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СФЕРЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Т.И. Борисочкина

ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, geotibor@gmail.com

Почва является связующим звеном между различными компонентами ландшафтов, поэтому исследование ее состояния в условиях промышленного загрязнения приобретает все возрастающее значение. Почвы урбанизированных территорий, находящиеся в сфере воздействия промышленно-металлургических комплексов, испытывают различную антропогенную нагрузку. При оценке загрязнения почв и создании информационной базы данных по содержанию тяжелых металлов в почвах различных ландшафтов следует учитывать функциональное использование территорий. Составляющими компонентами информационной базы должны являться сведения не только о валовых количествах соединений тяжелых металлов в почвах, но также данные об их подвижных формах, поскольку часто именно подвижные формы свидетельствуют о загрязнении почв или о недостатке в них микроэлементов.

Объектами исследования были почвы ландшафтов различного функционального использования в зоне воздействия Череповецкого и Липецкого промышленных комплексов. Череповец и Липецк — города с развитой промышленной инфраструктурой, ведущими предприятиями которых являются комбинаты черной металлургии. Исследовались региональные почвы, испытывающие различную антропогенную нагрузку. В почвах определялось содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов, а также агрохимические показатели.

В ходе проведенных работ было зафиксировано загрязнение почв селитебных ландшафтов, находящихся в импактной зоне Череповецкого металлургического комбината, соединениями цинка и кадмия. Повышенных содержаний соединений тяжелых металлов в почвах обследованных пахотных угодий пригородной зоны не обнаружено (табл. 1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почвах различных ландшафтов зоны воздействия Череповецкого металлургического комбината «Северсталь».

Формы соединений	Содержание металлов (мг/кг)					
	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe
Пригородные агроландшафты в зоне воздействия комбината, почва агродерново-карбонатная суглинистая.						
Валовые	152	39	1.1	41	35	35700
Кислоторастворимые*	34.9	21.6	0.5	1.7	4.4	2530
ААБ**	8.3	1.4	0.25	0.2	0.1	5.7
Селитебный ландшафт в импактной зоне комбината «Северсталь» (газон).						
Валовые	258	59	5.8	48	46	36400
Кислоторастворимые	120	27	4.2	3.1	7.4	2.980
ААБ	37	3.9	2.4	0.4	0.3	4.9
Селитебный ландшафт в импактной зоне комбината «Северсталь» (детская площадка).						
Валовые	177	49	—	33	34	25900
Кислоторастворимые	92	29.6	0.4	1.9	5.0	1337
ААБ	35	4.5	0.2	0.4	0.4	4.1

Примечания: * – вытяжка 1 н. HCl, ** – ацетатно-аммонийный буферный раствор, рН 4.8.

Исследования содержаний тяжелых металлов в почвах урбанизированных территорий проведены в зоне воздействия Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) и завода «Свободный сокол» (табл. 2).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в почвах ландшафтов различного функционального использования Липецка.

Формы соединений	Содержание металлов (мг/кг)					
	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe
Агроландшафт в черте города, почва агросерая сугл.						
Валовые	100	18	0.2	49	36	34300
Кислоторастворимые	26.8	8.6	0.1	8.3	4.0	1720
ААБ	следы	0.2	0.05	0.2	следы	следы
Селитебный ландшафт, урбанозем						
Валовые	54	16	0.1	16	10	12530
Кислоторастворимые	15.7	4.6	0.03	0.5	1.7	727
ААБ	1.4	0.3	0.003	0.05	0.01	0.5
Пойменный ландшафт р. Воронеж в черте города, аллювиальные почвы.						
Валовые	290	157	0.7	30	41	37520
Кислоторастворимые	152	74.8	0.3	4.5	7.0	2000
ААБ	37.0	7.5	0.15	0.4	0.05	0.07
Лесопарковые ландшафты около НЛМК, сосновый лес, серые лесные песчаные почвы.						
Валовые	109	30	0.5	13	33	22300
Кислоторастворимые	36.8	6.8	0.2	1.1	6.2	1200
ААБ	5.0	1.2	0.1	0.1	0.2	2.6
Импактная зона НЛМК, сосновый лес, песчаная почва.						
Валовые	781	123	3.4	42	93	64120
Кислоторастворимые	325	80.4	1.8	4.6	25.2	3646
ААБ	70.0	6.2	0.7	0.3	0.6	5.6

Анализ обследованных территорий (табл. 2) показал, что тяжелые металлы в почвах Липецка находились в трудно растворимой форме. При этом в почвах урбанизированных агроландшафтов было отмечено пониженное содержание подвижных форм биофильных элементов (цинка, меди, железа), необходимых для нормального роста растений. В почвах импактной зоны Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) были отмечены повышенные содержания цинка, свинца и кадмия. Установлено загрязнение почв пойменных ландшафтов реки Воронеж цинком и свинцом — валовые содержания и концентрации подвижных форм этих элементов превышали ПДК.

Исследованиями установлено, что Череповецкий и Липецкий металлургический комбинаты загрязняли окружающую среду тяжелыми металлами, такими как железо, цинк, кадмий, свинец. При этом (кроме железа, которое поступает в почву в трудно растворимой форме) основными загрязнителями в Липецке являлись цинк, кадмий, свинец, а в Череповце — цинк и кадмий. Однако в почвах обследованных агроландшафтов повышенных содержаний этих элементов пока не было обнаружено. Почвы агроландшафтов, используемые под пашню в окрестностях ЧМЗ, характеризовались высокой обеспеченностью цинком, высокой и средней обеспеченностью марганцем, а также средней обеспеченностью медью. Почвы обследованных агроландшафтов Липецка, используемые под огороды, характеризовались низкой обеспеченностью цинком, марганцем, медью, кобальтом. К территориям, требующим повышенного внимания, следует отнести пойменные почвы Липецка и селитерные ландшафты Череповца, оказавшиеся в импактной зоне комбината.

Ландшафтно-экологический мониторинг, учитывающий функциональное использование территории, является необходимым компонентом управления природной средой. Информация о содержании тяжелых металлов в почвах ландшафтов различного функционального назначения является важной составляющей экологического мониторинга.

УДК 631.4:551.49

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СКЛОНОВЫХ ВОДОТОКОВ ПРИ СНЕГОТАЯНИИ

С.В. Будник

Житомирський національний агроекологічний університет, Україна, svetlana_budnik@ukr.net

Талый сток проходит по границе раздела фаз и при максимальной плотности и вязкости воды, что, несомненно, сказывается на структуре талой воды, её фильтрационной способности и эродированной способности. В основном, вопросы влияния температур на эрозионные процессы изучались в связи с термоэрозией многолетне-мерзлых пород (Баранова, 1992) или же при моделировании процессов на других планетах (Costard et al., 1997). Для склоновых водотоков, формирующихся при сезонном промерзании почво-грунтов этот вопрос практически не рассматривался. Следует иметь в виду, что при оттаивании избыточная вода из почвенных пор поступает в склоновый водоток наряду с водой, образующейся при таянии снега. Поэтому для склоновых водотоков во время снеготаяния вполне логичным является зависимость расходов воды в водотоке от температуры воды в нем, а также зависимость мутности воды от ее температуры.

В соответствии со сказанным выше, задачами наших исследований были: выявление основных особенностей температурного режима склоновых водотоков, установление взаимосвязей между параметрами водотоков и влияющими факторами, изучение влияния водотоков на формирование стока и смыва со склонов при снеготаянии.

Наблюдения за формированием склонового стока при снеготаянии были проведены в различные годы (1996–2010 гг.) в степной и лесостепной природных зонах на разных агрофонах и почвенных разностях. Общее количество комплексных измерений было 426. Диапазон изменения расходов воды составлял от $4.3 \cdot 10^{-6}$ до $0.171 \text{ м}^3/\text{с}$; мутности воды — $0\text{--}100 \text{ кг}/\text{м}^3$; температуры воды $0.0\text{--}12.0 \text{ }^\circ\text{C}$, температуры поверхности почвы свободной от снега — $0.0\text{--}13.5 \text{ }^\circ\text{C}$, при коэффициенте вариации 0.98. Температура почвы выше $2 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдалась примерно в 35 % случаев. Проведенные исследования показали, что наибольшее влияние на температуру воды в склоновых водотоках оказывала температура воздуха и тип снеготаяния (солярийный, адвективный, солярийно-адвективный, который характеризует затененность поверхности и температурный режим атмосферы), а также дата снеготаяния (число дней от начала года до момента измерения стока, характеризует высоту стояния солнца), т.е. наряду с температурой воздуха важным фактором формирования температуры воды является инсоляционный режим: наличие солнечной инсоляции и высота стояния солнца. Для всего периода наблюдений зависимость температуры воды от температуры воздуха была неоднозначна, для отдельных створов наблюдений эта зависимость более тесная. В целом, изменение

температуры воды во времени хорошо согласовывалось с изменением температуры воздуха и расходов воды в склоновых водотоках, кривая обеспеченности температуры поверхности почвы практически полностью соответствовала кривой температуры воздуха. С увеличением температуры воздуха температура почвы повышалась, повышалась она и при увеличении глубины оттаивания почвы. Установлено, что чем выше влажность почвы, тем ниже температура поверхности почвы. Между мутностью воды и типом снеготаяния была выявлена сильная взаимосвязь. Так, при солярно-адвективном типе снеготаяния (тепло и солнечно) наблюдались наибольшие величины мутности воды. Наименьшая обеспеченность максимальных значений мутности наблюдается при солярном типе снеготаяния (солнечно и холодно).

Выводы. Ход температуры воды в склоновых водотоках, в целом, соответствовал ходу температуры воздуха и расходов воды в склоновых водотоках. Температурный режим склоновых водотоков влиял на формирование стока воды и зависел, в основном, от температуры воздуха, типа снеготаяния и агрофона. Из динамических характеристик потока связь с температурой воды в большей степени показывали вязкостное трение и число Фруда, характеризующие состояние потока.

УДК 630.114: 630.174.752 (571.63)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВ ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ПОСЛЕ СПЛОШНЫХ РУБОК (СРЕДНИЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)

Г.Н. Бутовец, Г.А. Гладкова

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

Горные ельники в последние годы являются основным объектом промышленных заготовок. В интенсивное освоение вовлекаются труднодоступные территории ранее не затронутые рубкой. Использование современной лесозаготовительной техники приводит к переуплотнению почвы, вызывающему ухудшение ее природных свойств.

Объектом исследования послужили почвы, сформированные под зеленомошными и моховыми пихтово-еловыми лесами, расположенными на горном базальтовом плато в бассейнах рек Большая Пея, Светлая, Кабанья и Единка на высоте 600–1000 м над уровнем моря (северная часть Приморского края).

Плато представляет собой слабопокатую по направлению к морю поверхность, перерезанную коньконообразными долинами рек. В верхнем пологе пихтово-еловых лесов доминирует ель аянская, пихта почкочешуйная занимает подчиненное положение, незначительно встречается примесь березы. Почвообразовательный процесс под темнохвойными лесами определяется высотнo-зональными и топографическими условиями, материнскими горными породами, составом и возрастом биогеоценозов. Имеет значение также частота воздействия экзогенных факторов (пожаров, ветровалов, рубок и т.п.), приводящая к периодическому омолаживанию почв.

Исследования проводились под пологом леса (контроль) и на вырубках разного возраста. Полученные данные о свойствах ненарушенных почв под пихтово-еловыми лесами послужили основой, по которой отмечались их изменения в процессе механизированной рубки леса и последующего их восстановления. Для определения водно-физических свойств почв отбирались образцы ненарушенного сложения по генетическим горизонтам, в пасечных пространствах и через каждые 10 см на волоках (в колее и межколейной части волока).

В почвенный покров входили ржавоземы грубогумусированные и грубогумусовые, а также органо-ржавоземы. Различия в микрорельефе поверхности, несмотря на сходные лесорастительные условия, определяют развитие почв с разной мощностью горизонтов. Специфика морфологического строения почв проявлялась в наличии сильно разросшегося грибного мицелия. На отдельных участках он способствовал выделению хорошо выраженного творожистого пепельно-серого горизонта мощностью 5–12 см, расположенного непосредственно под подстилкой. Роль этого горизонта еще слабо выяснена, также как и его видовая принадлежность. Зольность грибного горизонта, как и его мощность, широко варьировали и в среднем составляли 30–40 %.

Наличие в верхней и средней частях профиля древесных угольков и углистых образований – «сферул» – указывает на неоднократное прогорание почв пихтово-еловых лесов. В профиле присутствуют обломки андезибазальтов разного размера.

По гранулометрическому составу почвы относились к средне- и тяжелосуглинистым, а также к глинистым. Почвам была присуща невысокая плотность сложения, особенно в ее верхней части, где располагается основная масса живых корней и отмечается высокое содержание органического вещества. Характер распределения плотности и порозности определяют водопроницаемость по горизонтам, выявляя существенные различия. Почвам была свойственна высокая влажность, которая сохраняется в течение всего вегетационного периода. Мощная органогенная толща определяла специфические черты водного режима почвенного профиля. При наличии сезонной мерзлоты в период активного снеготаяния весной она способствует развитию временного переувлажнения верхней части профиля, что снижало устойчивость почвенного покрова к техногенным нагрузкам.

Вырубка представляла собой территорию с большой контрастностью условий, вызванных нарушениями поверхности почв, которые образуются в результате работы механизмов. Рубка леса проводилась по современным технологиям как с использованием комплекса лесозаготовительных механизмов на пневматическом ходу (скандинавская технология), так и гусеничными лентами (канадская технология). При заготовке древесины движение механизмов осуществлялось по волокам, изъятие деревьев в пасечных площадях производилось по воздуху при помощи гидроманипуляторов.

Механическое воздействие на почву проявлялось в ее уплотнении, изменении микрорельефа, нарушении целостности живого напочвенного покрова, сдирании и перетирации подстилки, перемешивании минеральных горизонтов, вдавливании ветвей в почвенную толщу. В условиях плато при всех технологиях лесозаготовок образуются колеи, глубина которых в отдельных случаях может достигать 1–1.2 м. Наблюдавшееся ухудшение водно-физических свойств почвы в зоне активного действия лесозаготовительных машин на вырубках в первый период носит временный характер. После завершения рубки леса на вырубках сразу же начинали развиваться процессы – уплотнения и разуплотнения. Процессы уплотнения в пасечных пространствах вырубки были вызваны сменой экологических условий (приток солнечной энергии, увеличение количества осадков, достигающих поверхность почвы, изменение ветрового и температурного режимов и т.д.), а также развитием дернового процесса в дальнейшем. Причинами естественного разуплотнения на уплотненных участках вырубки выступали такие физические процессы как увлажнение–набухание, увлажнение–иссушение, промерзание–пучение, промерзание–оттаивание, рыхлящее действие корневых систем и почвенной фауны, разрушение стенок колеи. Изменение объема пор при увлажнении и высыхании многократно повторялось на открытых участках вырубки в течение вегетационного сезона. Резко изменяли структуру почвы сезонное промораживание, особенно насыщенных влагой почв. Фазовые изменения в состоянии почвенной влаги при замерзании–оттаивании в почвах сопровождается значительными трансформациями физических свойств, особенно на участках лишенных растительности и подстилки. По мере увеличения возраста вырубок происходили изменения на поверхности почв, связанные с разрушением техногенно преобразованного микрорельефа и поселением растительности на волоках. В результате этих процессов восстанавливались такие важные физические свойства почв как плотность сложения почв и связанных с этим показателем водные и воздушные свойства почв. В таблице представлены данные, характеризующие изменение показателей физических свойств почвы на вырубках разного возраста по всей площади лесосеки.

Таблица 1. Изменения показателей на всей площади вырубки* по скандинавской (СТ) и канадской (КТ) технологиям

Показатель	Глубина, см	Лес	Свежая вырубка		3-летняя вырубка		10-летняя вырубка		13-летняя вырубка	
			СТ	КТ	СТ	КТ	СТ	КТ	СТ	КТ
Плотность сложения почвы, г см ⁻³	0–10	0.08	0.12	0.19	0.14	0.16	0.26	0.34	0.15	0.24
	10–20	0.46	0.43	0.44	0.36	0.32	0.54	0.54	0.32	0.42
Порозность общая, %	0–10	94.2	93.0	89.6	92.3	91.3	87.2	84.4	89.8	86.9
	10–20	71.1	76.6	75.1	68.4	57.6	77.1	77.2	76.8	79.5
Порозность аэрации, %	0–10	65.1	74.0	65.6	60.1	59.3	48.5	49.4	76.4	61.3
	10–20	30.2	19.5	26.0	22.6	22.8	27.1	69.7	46.2	49.1
Естественная влажность, % от массы	0–10	292	215	270	288	241	186.1	77.8	80.3	74.3
	10–20	107	157	101	128	112	86.2	69.8	93.2	89.3

* Средневзвешенные данные по всей площади вырубки.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКТОЗЁМОВ В РАЗЛИЧНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Васенев¹, Н.Д. Ананьева², О.А. Макаров¹¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова²Институт физико-химических и биологических проблем в почвоведении РАН, vasenyov@mail.ru

Важным элементом урбоэкосистем являются городские почвы, которые различаются по степени «запечатанности», загрязненности, физическим и морфологическим свойствам. Значительную часть городских почв составляют конструктозёмы, основными диагностическими признаками которых является слоистость, ровная граница между горизонтами и доминирование в растительном покрове газонных трав. Особенности экологического функционирования конструктозёмов практически не изучены, однако специфика их морфологии и влияния внешних факторов позволяет предположить их существенные отличия от естественных почв.

Основной сложностью практического применения концепции об экологических функциях почв является отсутствие общепринятых показателей и критериев оценки. При поиске таких показателей мы использовали характеристики потоков и запасов углерода в почве, а также на параметры почвенного микробного сообщества: почвенный углерод органических соединений ($C_{орг}$), углерод микробной биомассы ($C_{мик}$), углерод гетеротрофного микробного дыхания ($МД$), углерод удельного дыхания микробной биомассы ($qCO_2 = МД / C_{мик}$) и соотношение $C_{орг}/C_{мик}$. Особенности данных показателей изучались на примере представительного ряда конструктозёмов Москвы и городов Московской области.

Объектами исследования были выбраны конструктозёмы городов Дубна, Пушкино, поселка Серебряные Пруды; северного (САО) и юго-западного (ЮЗАО) административных округов Москвы, расположенные в разных биоклиматических условиях Московской области. В естественном почвенном покрове Дубны и Москвы доминируют дерново-подзолистые почвы, в Пушкино – серые лесные, а в Серебряных Прудах – выщелоченные черноземы. На территории каждого населённого пункта / округа исследовались конструктозёмы, расположенные в промышленной, селитебной и рекреационной функциональных зонах. Изучалось влияние локализации и функционального использования на экологическое функционирование конструктозёмов, значения показателей функционирования конструктозём сопоставлялись с естественными аналогами.

Значения $C_{мик}$ в конструктоземах составили 120–738 мкг С/г почвы, $МД$ – 0.39–1.94 мкг CO_2 -С/г почвы, $C_{орг}$ – 2.52–5.67 %, qCO_2 – 1.24–5.28 мкг CO_2 -С/мг $C_{мик}$ /г почвы, $C_{мик}/C_{орг}$ – 0.40–1.55 %. Выявлена тесная достоверная положительная корреляция между $C_{мик}$ и $МД$, $C_{мик}$ и $C_{мик}/C_{орг}$, $C_{мик}$ и $C_{орг}$ ($r = 0.75$, 0.95 и 0.61 соответственно), $МД$ и $C_{мик}/C_{орг}$ ($r = 0.68$), а между $C_{мик}/C_{орг}$ и qCO_2 – отрицательная ($r = -0.70$). Было показано, что значения $C_{мик}$ конструктозёмов в 2 раза, а $МД$ – в 2.5 раза ниже, чем в естественных. Значения $C_{орг}$ и qCO_2 конструктозёмов оказалось в 1.5 раза выше, чем в естественных почвах. Как для усреднённых данных, так и для отдельных объектов показано закономерное уменьшение $C_{мик}$ и увеличение qCO_2 по мере увеличения антропогенной нагрузки. Анализ главных компонент описывал 86 % вариации всех экспериментальных данных и четко разделил их по местоположению объектов. Анализом вариации (ANOVA) показано, что дисперсия величин $C_{мик}$, $C_{орг}$ и $МД$ обусловлена на 66, 63 и 35 % фактором «местоположение объекта». Особенности изучаемых показателей в различных биоклиматических зонах Московской области, взаимосвязь с агрохимическими показателями и показателями антропогенной нагрузки позволяет использовать данные показатели для индивидуальной и интегральной характеристики экологической, природорегулирующей и производственной функций почв.

НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ В ТОРФЕ ЗАГРЯЗНЕННОМ НЕФТЬЮ

Ю.Н. Водяницкий¹, А.Т. Савичев², С.Я. Трофимов³, Е.А. Шишконокова¹¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, yu.vodyan@mail.ru²Геологический институт РАН³Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова,

В связи с расширением нефтедобычи усугубляются проблемы загрязнения почв при аварийных разливах нефти, особенно в местах ее добычи. В России центр нефтедобычи перемещается на север в зону повышенного увлажнения, где доминируют торфяные почвы. На участках аварийных разливов образуются обширные безжизненные площади. В Ханты-Мансийском автономном округе загрязненные площади занимают тысячи гектаров. У разлитой нефти состав резко фракционирует: в верхних горизонтах сорбируются высокомолекулярные фракции, особенно смолы и асфальтены, а в нижние горизонты и грунтовые воды проникают низкомолекулярные соединения, растворимые в воде. Кольматирование верхних горизонтов наряду с поступлением легкоокисляемых фракций ведет к активизации оgleения переувлажненной почвы. В местах добычи загрязнение почв нефтью осложняется выбросами минерализованных промышленных стоков, буровых растворов, шламов и других химически активных компонентов. Главные элементы в нефти: углерод (83–87 %), водород (12–14 %), азот, сера, кислород (1–2 %). Содержание других элементов низкое, но общее количество их значительно. Среди них: ванадий, никель, железо, кобальт, свинец, медь, уран, мышьяк, ртуть, молибден, и др. Часть металлов в нефти находится в виде солей органических кислот и хелатных комплексов, в которых атом металла расположен в центре порфиринового цикла (это относится к Fe^{2+} , VO^{2+} , Ni^{2+}) или в пустотах конденсированных фрагментов. Ванадий, никель, железо концентрируются в асфальтено-смолистых веществах. Другие металлы находятся в форме сложных полидентантных комплексов. Многие из этих комплексов вступают в ионный обмен с металлами в растворах или на поверхности пород, контактирующими с нефтью, что обогащает металлами добытую нефть.

Для активизации добычи нефти используют обводнение нефтяных пластов. Однако опреснение пластовых вод приводит к отложению солей во всей технологической цепи оборудования. В Западной Сибири это карбонат кальция. В качестве ингибиторов солеотложения применяют комплексоны. Они связывают ионы кальция и препятствуют образованию карбонатов. При этом комплексоны образуют прочные комплексы с железом, галлием, титаном, хромом, лантанидами. Это приводит, к тому, что промышленные стоки, буровые растворы и шламы оказываются обогащенными многими тяжелыми металлами. Очевидно, повышенные количества металлов в почве может служить мерой ее загрязнения нефтью и сопутствующими компонентами. Еще важно подчеркнуть, что с течением времени органические компоненты нефти окисляются и их доля в почве снижается (хотя часто слишком медленно). Но тяжелые металлы, если они не вымываются и не поступают в водотоки и водоемы, могут ингибировать растительность неопределенно долго. Таким образом, изучение металлов в торфе загрязненном нефтью имеет двойное значение. Во-первых, диагностическое, как удобный и простой прием мониторинга состояния загрязненной почвы. Во-вторых, имеет экологическое значение, для прогноза состояния торфяника, как элемента биоценоза.

Образцы торфа отбирались на территории одного из нефтяных месторождений в восточной части среднеобской низменности, в зоне средней тайги. Загрязненный торф отбирали на участке олиготрофного грядово-мочажинного комплекса. Нефть разлилась 10–15 лет тому назад. Загрязненный участок включает мочажину и гряду. Мочажина находилась в 20–30 м от ветки трубопровода. Нефть разлилась по пониженной, центральной части мочажины. На 20 % ее площади, на периферии разлива растительность восстановилась. Но значительная часть разлива была по-прежнему покрыта битумной коркой и лишена растительности. Гряда расположена в 3–5 м от ветки трубопровода. На части площади растительность полностью выпала, на месте более удаленном от источника разлива (и более возвышенном) сохранились отдельные экземпляры пушицы влагалищной, вересковых кустарничков, морошки.

Образцы торфа отбирали буром из четырех точек с разным загрязнением с глубины 0–10, 30–50 и 100 см. В центре разлива (разрез 2), на гряде (разрез 3), на периферии разлива (разрез 4) и на границе разлива (разрез 5). Здесь же определяли общее проективное покрытие растительности (ОПП). Разрез 2 – центр разлива. На поверхности была сплошная битуминизированная корка. ОПП

= 0 %. Разрез 3 – гряда. Высота 40–50 см. ОПП = 0 %. Поверхность была покрыта битуминизированной коркой. Разрез 4 – периферическая часть разлива в 15 м от центра разлива. Центр мочажины. На поверхности – битуминизированная корка. ОПП = 10 %. Расла пушица рыжеватая, отмечались отдельные экземпляры клюквы болотной. Растительность была сильно угнетена, генеративные органы не развиты. Разрез 5 – условный фон, граница разлива. Краевая часть мочажины, прилегающая к ряду в 15–20 м от периферии разлива. Следов загрязнения нефтью не обнаружено. В травяно-кустарничковом ярусе (где ОПП = 10 %) доминировала пушица рыжеватая. Моховой покров (где ОПП = 100 %) был представлен сфагновыми мхами. По сравнению с ненарушенными фоновыми участками здесь отмечается как обеднение видового состава, так и инвазия видов, не свойственных олиготрофным болотам.

Поскольку концентрация металлов в торфе низка, его озоляли. Озоление торфа проводили в муфельной печи при 450 °С до постоянной массы. Содержание золы в торфе было низким: от 1.8 до 5.2 %. Содержание химических элементов в золе торфа определяли рентгенофлуоресцентным методом на приборе Респект. На нем же определяли содержание редкоземельных металлов La и Ce рентгенометрическим способом. В минеральных почвах определение ванадия рентгенофлуоресцентным методом невозможно из-за искажающего влияния высокого содержания титана. Его определение ограничивается двумя факторами. Во-первых, содержанием ванадия, так как при времени накопления спектра 350–400 с его можно обнаружить при содержании свыше 100 мг/кг. Во-вторых, перекрытием линий VK_{α} и TiK_{β} . Экспериментально измеренное соотношение интенсивностей линий TiK_{α} : TiK_{β} в почвах составляет 0.14 ± 0.03 , причем разброс значений обусловлен матричным эффектом. Надежные интенсивности линий VK_{α} можно получить только при соотношении ванадия и титана: $V > 0.06 Ti$. Почти во всех минеральных почвах это неравенство не выполнялось. Но в золе загрязненных торфов, благодаря высокому содержанию, диагностика ванадия становится возможной, хотя только при его содержании свыше 500 мг/кг. Это позволило нам определить содержание ванадия в пяти образцах золы торфа.

Для оценки характера перераспределения тяжелых металлов/металлоидов в профиле сопоставляли их содержание в верхнем и нижнем слоях торфа. Степень аккумуляции элементов в верхнем слое торфа 0–10 см определяли по формуле:

$$R_a = 100 \cdot [(Me_{0-10} : Me_{100}) - 1] : (Me_{0-10} : Me_{100});$$

а в нижнем слое 100 см определяли по формуле:

$$R_a = 100 \cdot [(Me_{100} : Me_{0-10}) - 1] : (Me_{100} : Me_{0-10}).$$

Закономерности перераспределения тяжелых металлов/металлоидов в профиле торфа. Все элементы-поллютанты в загрязненных торфах делятся на две группы. Одни из них накапливаются в верхнем, битуминозном слое торфа. Другие, напротив, легко мигрируют вглубь вместе с легкими фракциями углеводов и комплексонатами. К группе металлов-поллютантов, закрепленных в верхнем, битуминозном слое торфа, относятся титан, ванадий, хром, никель, цирконий, барий и лантаниды. К группе лабильных элементов-поллютантов относятся хлор, кальций, марганец, медь, цинк и стронций. Высокие показатели накопления металлов R_a в верхнем слое торфе отмечалось в зоне разлива, в разрезах 2–4, где ОПП = 0–7 %, R_a в среднем 35–55 %. На границе разлива в разрезе 5, где ОПП = 100 %, накопление тех же металлов было гораздо более скромное: R_a в среднем 8 %. Это означает, что металлы-битумофилы локализуются в области сильного загрязнения нефтью. Масштабное перемещение лабильных металлов также ограничено зоной сильного загрязнения. В разрезах 2–4 их накопление на глубине 100 см достигало в среднем R_a в среднем 44–65 %. На границе разлива в разрезе 5, глубинное накопление тех же металлов было значительно слабее: R_a в среднем 14 %. Впрочем, миграция некоторых из них была вполне ощутима и на границе разлива: значение R_a для кальция 26 %, для меди 24 %, для цинка 20 %.

Обсудим причины того или иного поведения тяжелых металлов в загрязненном нефтью торфе. Их поведение зависит от нескольких факторов. Во-первых, асфальтены, в верхнем слое торфа, способны конкурировать с теми тяжелыми металлами, у которых менее прочные связи с комплексонами. Во-вторых, металлы, прочно связанные в составе природных порфиринов, не участвуют в образовании искусственных комплексонатов, и поэтому закрепляются в составе асфальтенов.

Перераспределение s-элементов. Среди них рассмотрим поведение кальция, стронция и бария. Константы устойчивости их с комплексонами изменяются в таком порядке: $Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$. Таким образом, становится понятным, что кальций и стронций, прочно закрепляемые комплексо-

натами, мигрируют вглубь толщи торфа, а менее прочно связанный барий закрепляется асфальтенами в поверхностном слое торфа.

Перераспределение d-элементов. К ним относятся ванадий, хром, марганец, цинк, никель, медь. Именно в таком порядке возрастают их константы устойчивости при образовании комплексов. Хотя положение цинка может меняться в зависимости от типа комплексона: его связи могут быть прочнее никеля. Можно предположить, что металлы в начале этого ряда накапливаются в верхнем слое торфа, загрязненном асфальтенами, а металлы в конце ряда – в нижнем слое торфа. В целом это правило соблюдается, хотя есть одно исключение. Фактически в верхнем слое торфа, обогащенном асфальтенами накапливаются ванадий и хром, что согласуется с их относительно низкой прочностью связи с комплексонами. Но, кроме того, в верхнем слое накапливается никель, с высокой прочностью связи с комплексонами. Причина этого в том, что Ni входит в состав порфиринов нефти, где он закреплен прочно и вместе с ними остается в составе асфальтенов. Подчеркнем, что ванадий и никель относятся к наиболее сильным битумофилам: для них показатель Ra достигает 78–76 %. Остальные d-металлы: марганец, цинк и медь, образующие прочные связи с комплексонами, мигрируют с ними в глубину толщи торфа. Два из них медь и цинк относятся к наиболее подвижным поллютантам, уступая в этом отношении только галогену хлору; в зоне загрязнения у этих металлов показатель Ra достигает 69–75 %.

Перераспределение f-элементов. Они представлены лантанидами: иттрием, лантаном, церием, празеодимом, неодимом. Содержание празеодима в золе торфа было очень низко 2–3 мг/кг и это не позволяло выявить особенности его профильного распределения. Но все остальные лантаниды аккумулировались в поверхностном слое загрязненных торфов, при этом связь их содержания в этом слое с ОПП была отрицательная. Лантаниды образуют самые разнообразные формы комплексонатов, что затрудняет прогноз о прочности их связи с комплексонами. Из наших данных следует, что все лантаниды накапливались в верхнем, асфальтеновом слое торфа. Хотя есть и различия в поведении лантанидов. Зола торфа была сильно обогащена La относительно Ce, особенно на поверхности в центре разлива нефти, где $Ce/La = 0.47$, вместо кларкового 1.9. На глубине 40 см отношение Ce/La возросло до 1.11, а на глубине 100 см до 1.4. Примерно та же картина была и на периферической части разлива: на поверхности отношение $Ce/La = 1.11$, а на глубине 1 м оно возросло до 1.4. Объясняется это тем, что Ce в восстановительной среде мигрирует вглубь гораздо сильнее, чем La. В силу повышенной мобильности, Ce может поступать в большем количестве в грунтовые воды и открытые водоемы, при этом токсичность Ce выше, чем La. Поскольку судьба металлов-поллютантов первой группы связана с процессом окисления битума, то их присутствие в торфе можно рассматривать как долговременное. Напротив, опасность элементов-поллютантов второй группы связана с их возможностью попадания в водоемы.

УДК 631.41

ПОВЕДЕНИЕ УРАНА В ПОЧВАХ

Ю.Н. Водяницкий

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, yu.vodyan@mail.ru

Интерес к геохимии урана резко усилился после второй мировой войны, когда уран стали широко применять в атомной энергетике и для производства ядерного оружия. Большое количество урана стало попадать в окружающую среду. Химическая и радиационная опасность урана общеизвестна. Рудный и переработанный уран, как и отходы его обогащения, загрязняют почвы и почвенно-грунтовые воды. Особенно опасно попадание урана в грунтовые воды, а с ними в реки и озера, где он способен прямо вредить здоровью человека. В связи с этим экологи уделяют большое внимание искусственному закреплению урана в почве. У урана переменная окисленность, основная +4 и +6. Это определяет его чувствительность к редокс условиям среды. В окислительных условиях уранил UO_2^{2+} образует высокоподвижные соединения. В восстановительной среде U^{4+} окисляется до стабильного оксида уранинита UO_2 . Этим определяется различное поведение урана в почвах.

Содержание урана в фоновых почвах. В земной коре кларк урана 2.3 мг/кг. В почвах мира содержание урана варьирует от 0.7 до 10.7 мг/кг. Содержание урана в почвах урановых провинций заметно выше, чем в обедненных ими. Так, в Иссык-Кульской депрессии оно составляет 5.8–10.7, а в Курской синеклизе только 0.5–0.8 мг U/кг. В тундровых почвах Полярного Урала содержание

^{238}U варьирует в следующем масштабе. В дерново-глеевых почвах его содержится 0.2–0.9 мг/кг, в дерновых — 0.2–4.7 мг/кг, и повышается в торфянисто-глеевых почвах до 2.3–33 мг/кг, то есть может быть выше среднего уровня. В отечественных документах содержание урана в почвах, к сожалению, не нормируется. В нормативах Германии предельно допустимое содержание урана в почвах принято 5 мг/кг. При изучении содержания урана в почвах США было установлено, что различие связано не столько с типом почв, сколько с гранулометрическим составом: в легких почвах содержание урана снижается до 0.3 мг/кг, в тяжелых — возрастает до 10.7 мг/кг. Очень высокие концентрации до 100 мг U/кг связывают с техногенным загрязнением почв. В среднем в почвах Великобритании содержится 2.6, Канады – 1.2, Польши – 0.79, Индии – 11 мг U/кг. Среднее содержание урана в почвах стран умеренного пояса 2 ± 1.5 мг/кг. В окислительной и кислой среде уран легко вымывается. Органические (гумусовые) лиганды способствуют растворению U(IV) даже в восстановительной обстановке, при этом гуминовые кислоты более активны, чем фульвокислоты. Почвы гумидной зоны в среднем обеднены ураном на 60–70 % по сравнению с материнской породой. В глеевых, болотно-подзолистых и болотных почвах тундры в среднем содержится всего 0.5–1.0 мг U/кг. В лесных дерново-подзолистых и мерзлотно-таежных почвах равнин содержание урана немного возрастает до 1–2 мг U/кг. В горах в мерзлотно-таежных почвах оно увеличивается до 1–3 мг U/кг. В гумидных ландшафтах локально уран накапливается на восстановительных и сорбционных барьерах и в почвах тяжелого гранулометрического состава.

Соединения урана в почвах. Минералы урана в почвах наследуются от материнской породы. Среди наиболее важных минералов: уранинит UO_2 или точнее U_3O_8 , карнотит $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, коффинит $\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$, браннерит UTi_2O_6 . Повышенные и высокие содержания урана отмечены в торяните, торите, фосфоторите, монаците, ксенотиме, умбозерите, церианите, цирконе, лопарите, апатите. В почвах уран содержится и в других формах. Согласно данным последовательной химической экстракции эти формы такие: воднорастворимые, обменные, в виде катиона уранила UO_2^{2+} , комплексов с CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , с органическим веществом и U-осадков в редуцированной форме. О недостатках химической экстракции при идентификации соединений тяжелых металлов в почвах известно хорошо: это в первую очередь низкая селективность реагентов. В настоящее время методы синхротронной радиации позволяют изучать состав твердой фазы в микрообъеме, состояние окисления элементов, распределение тяжелых металлов/металлоидов в ненарушенных почвенных образцах и выявление характера их связи с фазами-носителями. Поскольку поведение урана принципиально различно в зависимости от степени окисления, то установление его валентности в ненарушенном образце представляет собой важнейшую задачу. Благодаря высокой чувствительности синхротронной техники, различие в положениях спектров U(VI) и U(IV) весьма значительны и поддаются легкой дешифровке.

Почвы, обогащенные ураном. Одно из основных условий обогащения почв ураном – это наследование почвой состава материнских пород, что обеспечивает образование положительных аномалий. В СНГ уранорудные районы сконцентрированы в Украине, Казахстане, Центральной Азии. Основные ураноносные районы в России – Зауральский, Енисейский, Витимский, Онежский, в Центральном Забайкалье. Урановые провинции имеют разный генезис. Мощные положительные урановые аномалии образуются в почвах залегающих над горючими сланцами (в сланцах до 300 мг U/кг). Нами совместно с А.Т. Савичевым проведены подробные исследования содержания урана методом рентгенфлуоресцентного анализа в почвах Хибино-Ловозерской провинции. Геохимическая аномалия урана обусловлена близостью залегания редкометалльного месторождения лопаритовых руд. По содержанию лантанидов и актинидов территорию аномалии можно разделить на две части: маломощную и мощную. На западном берегу Ловозера в районе маломощной аномалии изучали торфяную почву и бурозем. В районе мощной аномалии на северном берегу Сейдозера анализировали бурозем, а на берегу р. Эльморайок – дерново-подзолистую почву, торфо-подбур и подзол. Все почвы кислые с $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ от 3.6 до 5.6. В связи с низкой чувствительностью метода (более 10 мг U/кг) на фоне и на маломощной аномалии содержание урана не выявлено. Но на территории мощной аномалии содержание урана оказалось очень большим: от 13 до 34 мг/кг, что в 7–17 раз превышает кларк. Часто обнаруживают мощные положительные урановые аномалии в краевой зоне болот, где формируется восстановительный барьер. Это приводит к очень высоким концентрациям урана в торфяной толще. В одном из болот в кантоне Тичино, Швейцария, содержание урана в торфе достигает 500 мг/кг или 2000 мг/кг в золе торфа. Подчеркнем, что накопление урана происходит только в определенной зоне болот. Это отчетливо видно из сопоставления отношений

Th:U в верховых и низинных торфах Томской обл. При низком содержании актинидов в верховых торфах (менее 0.4 мг/кг на сухое вещество) среднее отношение Th:U = 4.3, что близко к кларку. Но в низинных торфах (где актинидов более 0.4 мг/кг на сухое вещество) отношение Th:U резко снижается до 0.44. Предпочтительное накопление урана в низинных торфах связано с его подвижностью и чувствительностью к геохимическим барьерам.

Природные сорбционные барьеры. Уран в шестивалентной окисленности в форме уранила UO_2^{2+} образует растворимые комплексы с различными анионами. Хотя в окислительной обстановке уранил свободно мигрирует, он способен закрепиться, когда в системе находятся активные сорбенты. Среди них соединения железа, марганца, которые выпадая в осадок, образуют реакционно способные гели, сорбирующие уранил и осаждающиеся с ним. Уранил сорбируется оксидами других металлов, алюмосиликатами и карбонатами. Сорбция зависит от pH (повышаясь с его ростом), активности U(VI) в растворе, количества сорбционных мест, ионного состава жидкой фазы. Среди сорбентов урана первое место занимают гидроксиды железа. Поэтому им исследователи уделяют большое внимание в загрязненных водах. В частности это относится к кислым U-содержащим рудничным водам. Имеют значения и другие минеральные фазы-носители урана. Среди них – гель аморфного кремния, к которому катион UO_2^{2+} имеет сильное сродство при pH 4–7. Согласно данным EXAFS-спектроскопии уранил образует внутрисферные моноядерные комплексы с тетраэдрами силикатов. Большое внимание уделяют роли карбоната, как обычного компонента грунтовых вод, влияющего на судьбу уранила в окислительной среде. Такие комплексы как $Ca_2UO_2(CO_3)_3$ и $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ предотвращают адсорбцию уранила на поверхности минералов при pH > 7. Но растворенный карбонат может также образовывать прочный комплекс на поверхности гидроксидов железа. Этот поверхностный комплекс как результат конкурентного взаимодействия между карбонатом и карбонилем представляет особый интерес. Образуется тройной комплекс «гидроксид железа-U(VI)-карбонат», ограничивающий миграцию урана в окислительной среде в широком интервале pH. Несмотря на распространенность подвижных уранил-карбонатных и Ca-уранил-карбонатных комплексов в воде, способность ожелезненных коллоидов закреплять U(VI) не снижается. При pH 6–7 частицы ферригидрита агрегируются, а затем оседают в виде пленок и корочек на минеральных частицах. Адсорбция урана(VI) не тормозилась при содержании в воде карбонатов до 0.68 мМ. Сорбция урана(VI) усиливается с ростом pH раствора. Заметную роль выполняют природные сорбционные барьеры, способные снизить подвижность урана. В окислительной среде закрепление урана происходит за счет его сорбции гидроксидом железа — ферригидритом. При этом U(VI) включается в структуру ферригидрита за счет внутрисферных сорбционных комплексов. Поскольку уранил с двумя кислородными связями не совместим с локальной структурой гидроксидов железа, он закрепляется в небольшом количестве: молярное отношение U/Fe < 0.004. Эти модельные данные согласуются с реальной величиной закрепления U гидроксидами железа в урановых рудниках Восточной Германии.

Природные восстановительные барьеры. Редукция урана развивается как биологическим, так и абиотическим путем. В обоих случаях образуется нерастворимый осадок наночастиц уранинита. Многие металл-редуцирующие бактерии используют в качестве акцепторов электронов твердофазное железо и оксиды марганца. При биологической редукции Fe(III)-оксидов и других Fe(III)-минералов образуется железо(II), действующее как редуцтант на Cr(VI), Tc(VII), U(VI). Тот или иной механизм редукции урана во многом зависит от отношения Fe(III):U(VI) в системе. Эмпирически установлено, что при высоком отношении Fe(III):U(VI) > $33 \cdot 10^3$ доминирует абиотический путь. При низком отношении Fe(III):U(VI) < $0.02 \cdot 10^3$ доминирует биологический путь редукции. При смене в профиле редокс зон уран наряду с другими элементами меняет свою валентность и подвижность. В энзиматической редукции U(VI) участвуют диссимилиационные сульфат-редукторы, либо металл-редуцирующие микроорганизмы, которые используют его как акцептор электронов. Эти микроорганизмы осаждают уран (IV) при относительно высоком E_H . Микробиологическая активность проявляется в увеличении содержания подвижных форм Fe и Mn. В результате биоредукции U(VI) уран закрепляется. Редукционное осаждение урана – обычный путь образования гидрогенных месторождений урана.

Загрязнение почв ураном. Для получения энергии на атомных электростанциях и для создания ядерного оружия уран стали добывать в больших количествах. Массовая добыча урановых руд и их переработка повлекли за собой серьезные экологические проблемы. В результате поисковых работ и добычи извлекается из недр и складывается в виде отвалов огромные объемы урансодер-

жащих пород. С другой стороны, отработанные открытые рудники после затопления становятся источником загрязнения ураном грунтовых вод. Особую опасность представляют жидкие отходы горных и гидрометаллургических предприятий, сброс которых составляет 0.5–5.0 м³ на тонну урановой руды при содержании в сбросной воде 0.3–10 мг U/л. Накоплению урана в почвах способствует применение в качестве мелиоранта солонцов фосфогипса, содержащего в среднем 9.8 мг U/кг. Существенный источник техногенного урана выбросы ТЭС, сжигающих уголь: содержание U в некоторых сортах угля превышает 20 мг/кг, после его сжигания концентрация U в золе возрастает в 5–10 раз. Еще выше содержание урана в горючих сланцах. Угольная и сланцевая зола становится источником загрязнения ураном окружающей среды в местах складирования золы-уноса вблизи крупных тепловых электростанций. Уран может поступать в почву и воду из отвалов урансодержащих пород. В результате поисковых работ в Центральном Алдане в Южной Якутии извлечено из недр и складировано в виде отвалов более 1 млн. т урансодержащих пород с общим количеством урана около 2000 т. В 500 м от одного из отвалов, расположенного на аллювиальной почве легкого состава, содержание урана в верхнем слое 0–14 см достигает 500–1000 мг/кг, при фоновом значении 3 мг/кг. Внимание должно уделяться и землям вблизи военных заводов. На территории завода, производящего плутоний (США), в результате разрыва пульповода произошло загрязнение почвы ураном. Содержание U в водной вытяжке из грунта достигало 600·10⁻³ г/л, тогда как в фоновых грунтовых водах его всего (0.2–2.5)·10⁻³ г/л.

УДК 631.10

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ СЕРПУХОВСКОГО И ПОДОЛЬСКОГО РАЙОНОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е.Г. Гавриленко, Н.Д. Ананьева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино,
gavrilnkelen@gmail.com

Оценку почв можно рассматривать в разных направлениях: экологическая (в основном городских, загрязненных территорий, мегаполисов), бонитировка (в основном сельскохозяйственных угодий) и экономическая (например, кадастровая оценка земель разных категорий). В качестве самостоятельного направления выделяется экологическая бонитировка почв, направленная на учет широкого круга факторов, определяющих производительную способность почв, а также ее оценку по значимости осуществляемых экологических функций (Добровольский, Никитин, 1990).

Российскими исследователями разработана методика почвенно-экологической оценки, которая дает характеристику (баллы бонитета) почв разного вида сельскохозяйственного использования (пашня, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения) в зависимости от их локализации (климатические и физико-химические условия) на территории России (Карманов, Friyev, 1985; Карманов, 1991). Методика позволяет рассчитать почвенно-экологический индекс (ПЭИ) с учетом физико-химических, агрохимических свойств почвы и климатических условий. Кроме того, авторы полагают, что величина ПЭИ может быть одной из составляющей цены почвы (кадастровой стоимости).

Оценка биологических, в том числе и микробиологических, свойств почвы для экологической оценки земель разных категорий приобретает в последнее время особую актуальность. Содержание углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) – один из чувствительных индикаторов изменения окружающей среды, информативный показатель для многих экологических исследований и мониторинговых программ, полезный «инструмент» для определения критических пределов нормального (сбалансированного) функционирования почв (Winding et al., 2005) и имеющий, к тому же, в ряде зарубежных стран статус стандартного индекса для определения их качества (DIN ISO 14240-1, 1997).

Наша работа была сфокусирована на расчете ПЭИ и определении микробиологических параметров ($C_{\text{мик}}$; базальное дыхание, БД; доля микробного углерода в общем органическом, $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ и метаболический коэффициент, $q\text{CO}_2 = \text{БД} / C_{\text{мик}}$) почв разных экосистем территории Подольского (П) и Серпуховского (С) р-нов (1130 и 1080 км² соответственно) Московской обл. с целью выявления взаимосвязи между ними и возможности их использования для оценки качества почвы. Образцы почв отбирали осенью из верхнего 10 см гумусового слоя (без растительной подстилки) в

центре условного квадрата, сторона которого составляла 2 и 5 км для *C* и *П* р-нов соответственно. Для каждой точки отбора (всего 237 и 45 для *C* и *П* соответственно) диагностировали тип экосистемы (лес, пашня, залежь, антропогенно-преобразованная: газон / парк / свалка), разновидность почвы (дерново-подзолистая, дерново-глеявая, болотно-подзолистая, аллювиально-луговая, серая лесная и антропогенно-преобразованная), доминирующую растительность и рельеф (пойма, нижняя, средняя и верхняя часть водораздела, водораздел).

В почвенных образцах (всего 282) определяли содержание $C_{\text{мик}}$ методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД), скорость БД, физико-химические показатели ($C_{\text{орг}}$; pH; гранулометрический состав, ГС; содержание подвижного фосфора и калия, P и K соответственно), рассчитывали $q\text{CO}_2$ и $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$. СИД почвы оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов после обогащения почвы дополнительным источником углерода и энергии (1 % глюкозы от веса почвы), содержание $C_{\text{мик}}$ определяли пересчетом скорости СИД по формуле: $C_{\text{мик}}$ (мкг С г⁻¹ почвы) = СИД (мкл CO₂ г⁻¹ почвы ч⁻¹) × 40.04 + 0.37. БД определяли по скорости выделения CO₂ почвой за 24 ч инкубации при 22 °С и 60 % полной влагоемкости (ПВ). Измерения БД выполняли как для СИД, только вместо раствора глюкозы в почву вносили воду (0.2 мл г⁻¹ почвы). Определение СИД и БД выполнено в предынкубированных образцах (7 сут, 22 °С, 60 % ПВ).

Содержание $C_{\text{орг}}$ определяли методом бихроматного окисления, P и K – спектрометрическим (ICP OES spectrometer Perkin Elmer Optima 5300 DV) в ацетатно-аммонийной вытяжке (соотношение почва : уксуснокислый аммоний = 1:10, pH = 4.8), pH – в водной суспензии (соотношение почва : вода = 1:2.5), ГС – весовым методом, диспергирование почвы проводили с пирофосфатом натрия. ПЭИ рассчитывали по методике И.И. Карманова (1991), для почв лесных экосистем ПЭИ рассчитывали согласно данной методике как для многолетних насаждений.

Содержание $C_{\text{мик}}$ в почвах двух районов составило 43 – 1394 мкг С г⁻¹, БД – 0.06 – 3.25 мкг CO₂-С г⁻¹ ч⁻¹, $q\text{CO}_2$ – 0.34 – 6.52 мкг CO₂-С мг⁻¹ $C_{\text{мик}}$ ч⁻¹ и $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ – 0.19 – 10.65 %. Средние величины показателей $C_{\text{мик}}$, БД, $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ и $q\text{CO}_2$ для почв *П* и *С* р-нов отдельно достоверно не различались.

Анализ (ANOVA) микробиологических параметров ($C_{\text{мик}}$, БД; $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ и $q\text{CO}_2$) показал, что $C_{\text{мик}}$ (СИД) позволяет более четко дифференцировать почвы территории в зависимости от экосистемы, разновидности почвы и доминирующей древесной растительности. Достоверно высокие $C_{\text{мик}}$ отмечены в почвах лесных экосистем, а достоверно низкие – в пахотных (548 и 152 мкг С г⁻¹, $n = 151$ и 17 соответственно). Значения этого показателя в антропогенно-преобразованных и залежных почвах достоверно не различались и составили 234 и 319 мкг С г⁻¹, $n = 24$ и 90 соответственно. Дисперсию значений $C_{\text{мик}}$ почв изученных р-нов определяли факторы «экосистема», «почва» и их сочетание (вклад 50, 30 и 11 % соответственно). В лесных почвах достоверно наименьшие величины $C_{\text{мик}}$ были при доминировании сосны (199 мкг С г⁻¹, $n = 21$), а достоверно большие – лиственных деревьев, ели и их комбинаций (665, 514 и 541 мкг С г⁻¹; $n = 71$, 23 и 36 соответственно). Вклад факторов «тип леса», «рН» и « $C_{\text{орг}}$ » в дисперсию $C_{\text{мик}}$ почвы лесов составил от 10 до 20 %, а «ГС» – 33 %.

Содержание $C_{\text{орг}}$ в почвах двух р-нов составило 0.38 – 27.66 %, P и K – от следовых количеств до 384.9 и от 2.4 до 18.9 мг / 100 г соответственно, pH – от 3.70 до 8.29.

Значения ПЭИ изученных почв варьировали от 28.4 до 98.5 балла, а их средние величины в *C* и *П* р-нах достоверно не различались. Средние величины ПЭИ были достоверно выше для почв залежи, пашни и антропогенно-преобразованных экосистем (70.2, 72.8 и 64.2 балла соответственно), а достоверно ниже – в лесах (54.4). В группе почв с наименьшими значениями ПЭИ (<50.0) значительная доля (86 %) принадлежит лесным почвам, которая достоверно уменьшается в группировках с высокими значениями ПЭИ (50.1 – 65.0; 65.1 – 80.0; >80.1, баллы). Доля залежей возрастает, напротив, от группы с меньшими ПЭИ к наибольшим. Доли антропогенно-преобразованных и пахотных почв в разных группах значений ПЭИ не отличаются существенно. Наиболее достоверно высокие средние значения ПЭИ были отмечены для серой лесной и аллювиально-луговой почв (73.2 и 74.7 балла соответственно), а наиболее низкие – болотно-подзолистой (36.3).

Влияние почвы, экосистемы и положения в рельефе на значения ПЭИ изученных почв было оценено трехфакторным анализом ANOVA. Наиболее достоверно значимо на дисперсию ПЭИ влияние таких факторов как «почва», «экосистема» и «рельеф» (вклад 45, 20 и 17 % соответственно). Влияние сочетания факторов «экосистема×почва» в дисперсию ПЭИ также значимо и состав-

ляет 14 %. Суммарный вклад достоверно значимых факторов в дисперсию ПЭИ изученных почв достигает 96 %.

В почвах лесов достоверно наименьшие значения ПЭИ были при доминировании сосны, а наибольшие – лиственных деревьев (35.6 и 60.1 балла соответственно). Результаты анализа ANOVA свидетельствуют о достоверно высоком вкладе в дисперсию ПЭИ лесных почв фактора «гранулометрический состав» (88 %) и значительно меньшем (6 %) – рН. Факторы «С_{орг}» и «тип леса» имеют незначительное влияние (1 %) на дисперсию значений ПЭИ изученных лесов Серпуховского и Подольского р-нов.

Наибольшие тесные корреляции для всех почв отмечены между ПЭИ и содержанием калия, физической глины ($r = 0.74$ и 0.72), меньшие – ПЭИ и рН, ПЭИ и qCO_2 ($r = 0.57$ и -0.56 соответственно). Для почв конкретной экосистемы (лес, пашня, залежь, антропогенно-преобразованная) наиболее высокая тесная и значимая корреляционная взаимосвязь была между ПЭИ и содержанием в них физической глины ($r = 0.41-0.84$), менее тесная и значимая – ПЭИ и рН ($r = 0.39-0.66$), ПЭИ и содержанием калия ($r = 0.39-0.81$). Достоверная взаимосвязь между ПЭИ и С_{орг} отмечена только для почв залежей ($r = 0.54$). Функциональная зависимость между ПЭИ и микробиологическими параметрами (С_{мик}, С_{мик} / С_{орг} и qCO_2) была наиболее тесная для почв лесов ($R^2 = 0.57, 0.66$ и 0.43 соответственно). Взаимосвязь между значениями ПЭИ и микробиологическими параметрами основных почв изученных р-нов была малозначимой.

Наше исследование было направлено на поиск взаимосвязи между показателем качества почвы (ПЭИ) и параметрами ее биологической оценки (С_{мик}, БД, С_{мик} / С_{орг} и qCO_2). Известно, что микробный компонент почвы (биомасса, активность) зависит от физико-химических и климатических условий (Jenkinson, Ladd, 1981; Insam et al, 1989; Martens, 1995). Показано, что наиболее тесная и прямая взаимосвязь между значениями ПЭИ и микробными параметрами (С_{мик}, С_{мик} / С_{орг}) была для почв лесов. Для основных почв, в том числе и других экосистем (пашня, залежь, антропогенно-преобразованная), такая взаимосвязь была слабой.

Значения ПЭИ почв не коррелировали с климатическим показателем, что связано с довольно близкими климатическими условиями изученных р-нов. ПЭИ зависели, прежде всего, от обеспеченности почвы К, гранулометрического состава и рН. В изученных почвах лесов отмечена низкая обеспеченность К, а также более легкий гранулометрический состав, по сравнению с залежными и пахотными. К тому же, рН почв лесов находится преимущественно в интервале низких значений, а при агроиспользовании – высоких. Учитывая экологическую значимость лесных экосистем, очевидно, что оценка качества их почв на основе расчета ПЭИ будет заниженной. Тем более, что средние величины микробиологических показателей (С_{мик}, БД, С_{мик} / С_{орг}), а также С_{орг} (3.2 %) почв лесов достоверно выше, чем других изученных экосистем.

Поэтому для сравнительной оценки качества почв по величине ПЭИ для разных экосистем (видов землепользования), локализованных в одной климатической зоне, целесообразно ввести «поправочный» коэффициент. Он должен учитывать микробный компонент почвы, выраженный содержанием С_{мик}. Так, если среднее С_{мик} в почве изученных лесов (548 мкг С / г) принять за единицу, то для почв залежи, антропогенно-преобразованной и пашни (319, 234 и 152 мкг С / г) поправочный коэффициент составит 0.58; 0.43 и 0.30 соответственно. Следовательно, среднее значение ПЭИ для почв залежи, антропогенно-преобразованной и пашни составит 37.2 (64.2×0.58), 30.2 (70.2×0.43) и 21.8 (72.8×0.30) баллов соответственно.

Итак, почвенно-экологический индекс является количественной характеристикой (баллы) качества почв, объединяющий почвенные и климатические условия. Авторы разработки этого индекса рассчитывали на его применение только для сельскохозяйственных почв. Однако нами показана возможность его применения и для почв других экосистем. Почвы естественных экосистем (изученные леса) имеют достоверно высокое среднее содержание углерода микробной биомассы. Кроме того, показано, что значение ПЭИ почв лесов довольно удовлетворительно коррелировало с показателем С_{мик}. Поэтому для сравнительной оценки качества почв разных экосистем по величине ПЭИ целесообразно внести поправку на показатель С_{мик}, который в свою очередь, отражает и экологическую функцию почвы. Следовательно, при оценке качества почв, помимо почвенных факторов, учитываются и биологические, которые в свою очередь влияют на выполнение почвами экологических функций в наземных экосистемах. Отсюда оценка качества почв для определения их кадастровой стоимости может быть выполнена не только с учетом плодородия (урожайности), а и с учетом их экологических функций.

ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО УСТОЙЧИВОСТИ
К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОЧВЫ КАДМИЕМ И НИКЕЛЕМ

О.И. Гамзикова, Г.П. Гамзиков, А.Г. Митракова

Новосибирский государственный аграрный университете, gamolgen@rambler.ru

Интенсивная техногенная нагрузка на окружающую среду, в том числе и тяжелыми металлами, особо опасна в регионах с ограниченным природным реабилитационным потенциалом, к которым относится Сибирь. Защита пищевых цепей от загрязнителей может осуществляться с помощью биологического подхода, который базируется на использовании эволюционно сформированных и генетически закрепленных механизмов устойчивости высших растений к присутствию в среде высоких концентраций большого спектра поллютантов.

Задача исследований состояла в установлении генотипспецифических реакций злаковых культур на загрязнение почвы кадмием и никелем. Пятилетние полевые исследования выполнены на стационарном полигоне, расположенном на черноземе обыкновенном Алтайского Приобья. Естественное содержание кадмия и никеля в почве находится в пределах нормы. Фоны загрязнения искусственно создавали однократным внесением в почву (слой 0–15 см) уксуснокислых солей элементов из расчета 25 мг кадмия и 50 мг никеля на 1 кг почвы. В опыте возделывали зерновые культуры: пшеница яровая мягкая и твердая, ячмень, овес, просо и гречиха.

Сопоставление полученной информации с экологическими нормативами позволяет судить о том, что в нативных условиях выращивания зерновых культур к наиболее «защищенным» от поступления и накопления кадмия в товарную часть продукции следует отнести пшеницу мягкую и твердую, ячмень и просо, тогда как овес и гречиха оцениваются как культуры со средней степенью «защиты». Превышение ПДК по содержанию кадмия в почве практически в 25 раз сопровождается возрастанием элемента во всех органах растений, в том числе и генеративных, что выводит продукцию зерновых культур за рамки экологически безопасной. Загрязнение почвы кадмием вызывает два типа реакций по накоплению биомассы относительно контроля: ингибирование и индифферентность. Критическим содержанием кадмия в почве явилось для пяти представителей зерновых культур, которые продемонстрировали снижение продуктивности на 19–38 % относительно контроля. При этом к числу наименее устойчивых (ингибирование урожая биомассы более чем на треть) относятся просо и пшеница мягкая. Индифферентную реакцию к формированию урожая демонстрирует лишь гречиха.

Установлено, что наиболее «защищенными» от поступления никеля в зерно являются пшеница мягкая и твердая, ячмень, тогда как гречиха, просо и особенно овес характеризуются как культуры с относительно слабой степенью «защиты».

Превышение ПДК по содержанию валового никеля в почве практически втрое, а подвижного – в 13 раз увеличивает его концентрацию во всех органах растений, в том числе и генеративных, что делает товарную продукцию всех изученных зерновых культур и гречихи экологически опасной. Загрязнение почвы никелем вызывает три типа реакций по накоплению биомассы относительно контроля: индифферентность, стимулирование и ингибирование. Критическим наблюдаемым содержанием никеля в надземных органах растений следует считать для проса, снижающего продуктивность на 43 % относительно контроля. К числу толерантных, практически не изменяющих параметров сбора зерна, относятся пшеница мягкая и твердая, ячмень и овес. Единственной культурой, реагирующей на загрязнение почвы никелем повышением темпов продукционного процесса, а, следовательно, увеличением урожая зерна на 81 %, оказалась гречиха.

В выполненных экспериментах не установлена связь между биоаккумуляцией кадмия и никеля в растениях и их продуктивностью, а также типом реакции зерновых культур на загрязнение, что является доказательством наличия генотипспецифических механизмов устойчивости к ТМ в генофонде высших растений.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ И НОРМИРОВАНИЯ ЕЕ КАЧЕСТВА

Г.П. Глазунов, В.М. Гендугов, А.С. Яковлев, Р.П. Титарев, М.В. Евдокимова, М.В. Шестакова
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, glazng@mail.ru

При разработке методов экологической оценки и нормирования качества почвы возникает проблема интерпретации биотического отклика на негативное воздействие. До сих пор, несмотря на достигнутые в этом направлении успехи (Булгаков, 2002; Левич, Булгаков, Максимов, 2004; Ризниченко, Рубин, 1993; Воробейчик, Садыков, Фарафонов, 1994; Пых, Малкина-Пых, 1996), обобщающей теории не создано. В качестве компромисса для аппроксимации экспериментальных данных по биотическому отклику на воздействие предлагают использовать наиболее адекватную им логистическую функцию (Виноградов, Орлов, Снакин, 1993; Воробейчик, Садыков, Фарафонов, 1994; Алхутова, 2010; Перт, 1978; USEPA, 1995). Что касается выбора шкалы качества, то известные подходы страдают отсутствием однозначности оценки. Общей для всех подходов является также проблема получения единой комплексной оценки при наличии одновременно действующих разнокачественных нагрузок. Ввиду вышесказанного чрезвычайно актуально разработать показатель состояния почвы, загрязненной тяжелыми металлами, который выводится как самостоятельное свойство почвы, однозначную шкалу качества и методику комплексной экологической оценки и нормирования качества почвы.

В настоящей работе для почвы, как компонента природной среды, вводится понятие «показатель состояния» и на основе законов сохранения механики математически выводится уравнение показателя состояния в функции биотического (почвенного) отклика на воздействие (физическое, химическое, биологическое, комплексное), производимое на компонент. На основе этого уравнения с использованием характерного (порогового) значения показателя состояния и выбранной шкалы качества весь диапазон показателя состояния ранжируется в терминах количественного выражения качества (баллах). Характерная (пороговая) мера показателя состояния в функции биотического (почвенного) отклика на воздействие выявляется методами частных наук. Роль пороговой величины отклика на воздействие состоит в том, что она служит основой договорного перехода от количественной меры состояния компонента природной среды к качественной её оценке. Показатель состояния, имеющий вероятностную природу, изменяется в пределах $0 \leq p \leq 1$. Частные показатели состояния предложено обобщать методом сложения вероятностей.

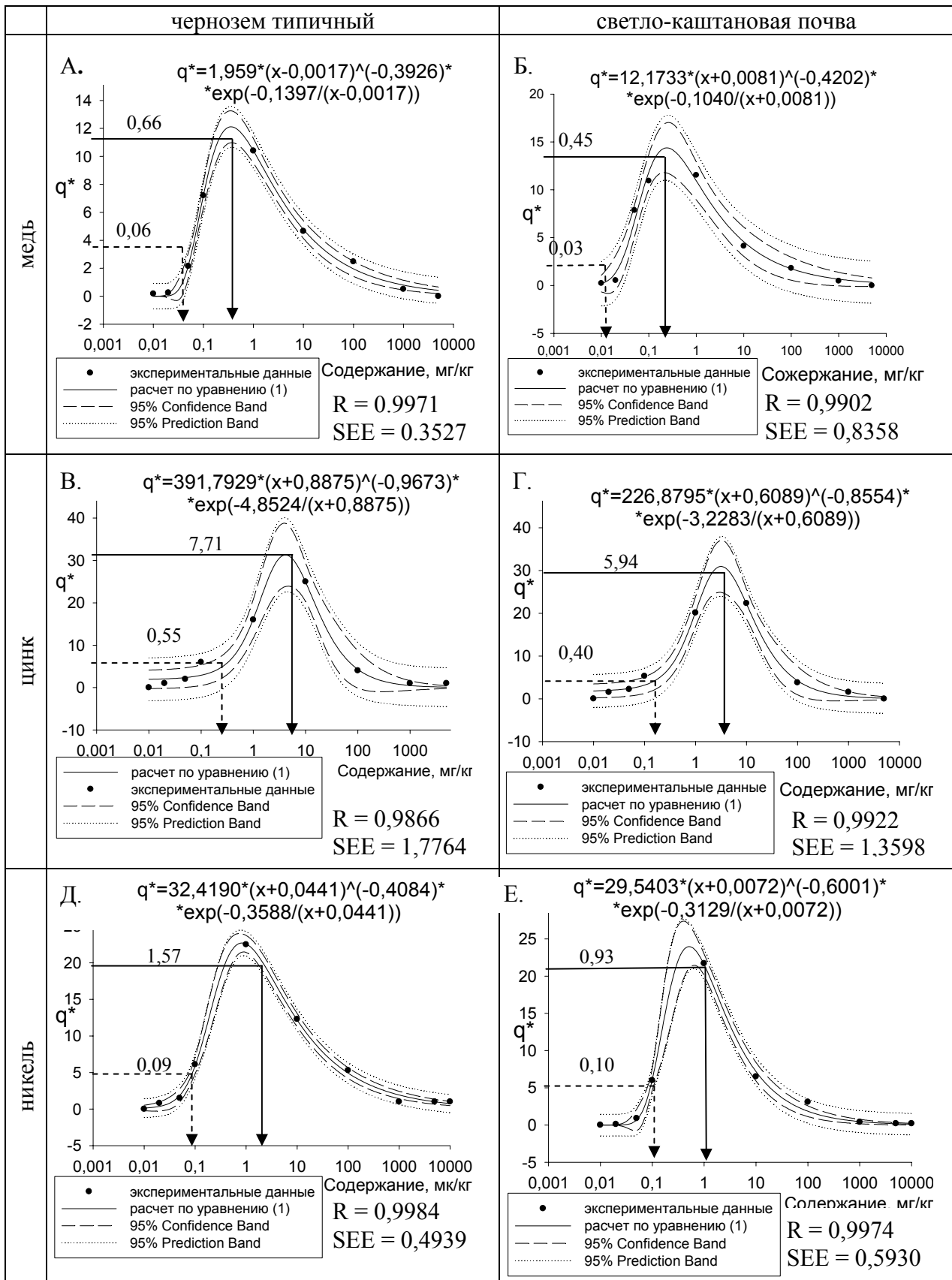
В развитие этого подхода выведена и исследована (Яковлев, 2009) теоретическая модель биотического отклика $R(c)$ на воздействие c :

$$R(c) = R(c_0) + C \frac{1}{c^b} \exp\left(-\frac{k}{c}\right) \quad (1).$$

Модель содержит две константы, k и b , имеющие ясный смысл: соответственно, коэффициентов прироста и убывания биомассы. Постоянная величина представляет собой константу интегрирования. Проверка адекватности модели проведена на основе экспериментальных данных. Был проведен эксперимент по оценке откликов почвенной биоты на загрязнение почв тяжелыми металлами с использованием метода мультиреспирометрического тестирования по Марченко и Кэмпбеллу (Campbell et al., 2003; Марченко, 2008), в основе которого лежит фиксация дыхания почвенной биоты, как интегрального показателя ее благополучия. В модельном опыте использовали образцы чернозема типичного. В тест-планшеты с почвой внесены растворы солей тяжелых металлов в различных концентрациях (c), что позволило измерить отклик почвенной биоты на внесенные дозы тяжелых металлов. В качестве показателя биотического отклика на загрязнение тяжелыми металлами использовали оптическую плотность индикаторного геля (q), которая однозначно связана с дыхательной активностью микробов: чем больше число метаболически активных микробов, тем интенсивнее окраска геля.

Полное определение функции показателя состояния сводится к нахождению коэффициентов γ и α в уравнении показателя p состояния, имеющем вид:

$$p = \gamma \exp\left(-\frac{\alpha}{R(c)}\right) \quad (2).$$



—————▶ — верхняя граница токсического действия тяжелых металлов

- - - - -▶ — нижняя граница гомеостатического состояния биоты

Рисунок 1. Данные по изменению величины оптической плотности индикаторного геля в тест-планшете в функции концентрации тяжёлых металлов, дополненные моделью (1).

Полностью определенная функция показателя состояния (2) и функция биотического (почвенного) отклика на воздействие (1) позволяют провести нормирование качества чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами (табл. 1).

Таблица 1. Экологическая оценка состояния и нормирование качества чернозема типичного, загрязненного тяжелыми металлами.

Категория	Диапазон концентраций			Характеристика содержания металлов
	медь	цинк	никель	
V	$0 < c_i < 0,0278$	$c_i = 0$	$0 < c_i < 0,0226$	Недостаток
IV	$0,0278 \leq c_i < 0,0289$	$0 < c_i < 0,0327$	$0,0226 < c_i < 0,5594$	Недостаток
III	$0,0289 \leq c_i < 0,0318$	$0,0327 < c_i < 0,0986$	$0,5594 < c_i < 0,8511$	Недостаток
II	$0,0318 \leq c_i < 0,0851$	$0,0986 < c_i < 1,2585$	$0,8511 < c_i < 0,1681$	Недостаток
I	$0,0851 \leq c_i < 0,3575$	$1,2585 < c_i < 4,1289$	$0,1681 < c_i < 0,8345$	В норме
II	$0,3575 \leq c_i < 0,7052$	$4,1289 < c_i < 8,4690$	$0,8345 < c_i < 1,6975$	Избыток
III	$0,7052 \leq c_i < 0,8539$	$8,4690 < c_i < 10,1100$	$1,6975 < c_i < 2,0633$	Избыток
IV	$0,8539 \leq c_i < 0,9596$	$10,1100 < c_i < 11,2380$	$2,0633 < c_i < 2,3128$	Избыток
V	$c \geq 0,9596$	$c \geq 11,2380$	$c \geq 2,3128$	Избыток

ВЫВОДЫ

1. Выведено и апробировано методами биологической макрокинетики в рамках нестационарного неравновесного приближения уравнение зависимости роста и отмирания почвенных микробов от времени и концентрации ведущего компонента субстрата (тяжелого металла).

2. Обоснован и выведен показатель экологического состояния почвы в виде функции от функции биотического отклика на воздействие и апробирован на примере почвы, загрязненной тяжелыми металлами.

3. Обосновано введение равномерной пятибалльной шкалы экологического качества почвы на основе закономерностей отклика на негативное воздействие, выявляемых с использованием производных высшего порядка от функции биотического отклика на воздействие по интенсивности воздействия (концентрации ведущего компонента).

4. Обоснован способ свертки информации по множеству воздействий на почву с использованием обобщения индивидуальных откликов на них по правилам теории вероятностей.

УДК 630.114 (57.63)

ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕВСТВЕННЫХ КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

Г.А. Гладкова, Г.Н. Бутовец

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

Девственные кедрово-широколиственные леса южной географической фации, где главным лесообразователем выступает сосна кедровая (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), сохранились в основном только на территории заповедника «Уссурийский». Считается, что развитие кедрово-широколиственных лесов в заповеднике в течение 500 лет происходило без воздействия сильных лесоразрушительных факторов.

По степени сохранности эти леса не имеют аналогов в Северо-Восточной Азии. В сопредельных с Россией странах (КНР, КНДР и Республике Корея) подобные леса (сменившиеся производными группировками), а также почвы под ними сильно трансформированы под влиянием рубок и пожаров.

Расположен заповедник в южной части Приморского края в 50 км от г. Уссурийска. Климат муссонный, теплый и влажный с умеренно суровой малоснежной зимой. Среднегодовая температура воздуха за последние 30 лет составляет 3,8 °С. Годовая сумма осадков – 750–800 мм (с колебаниями по годам от 450 до 1200 мм).

В зависимости от положения в рельефе на территории заповедника «Уссурийский» выделяют горные и долинные местопроизрастания кедрово-широколиственных лесов.

В ходе инвентаризационных работ под лесами заповедника нами были выделены следующие типы почв. Тип I. Буроземы (типичные, грубогумусированные, глееватые, оподзоленные). Тип II. Буроземы темные (глееватые, оподзоленные). Тип III. Аллювиальные темногумусовые.

Буроземы типичные развиваются в пределах заповедника в основном в верхних или средних частях южных горных склонов (высота над уровнем моря – 200–300 м) под дубово-кедровыми и широколиственно-чернопихтово-кедровыми лесами.

Буроземы глееватые, формирующиеся на различных элементах рельефа: на речных террасах, пологих вершинах и склонах под широколиственно-чернопихтово-кедровыми, широколиственно-чернопихтово-елово-кедровыми, широколиственно-кедрово-чернопихтовыми и долинными кедровыми лесами.

Буроземы оподзоленные часто приурочены к платообразным участкам и пологим склонам северной экспозиции, где произрастают пихтово-еловые или широколиственно-кедрово-чернопихтовые леса.

Буроземы грубогумусированные встречаются под широколиственно-чернопихтово-елово-кедровыми и широколиственно-кедрово-чернопихтовыми лесами на западных или юго-западных склонах.

Буроземы темные выделяются нами только под грабовыми широколиственно-чернопихтово-кедровыми лесами на склонах южной экспозиции, высота над ур. м. 200–250 м.

Аллювиальная темногумусовая почва – формируется под долинными лесами, где основными лесообразователями выступают сосна кедровая, ильм долинный и ясень маньчжурский.

Горные почвы слабо скелетные в верхней и очень сильно скелетные в нижней частях профиля. Профиль обычно среднеразвитый. По мощности гумусовых горизонтов выделяются буроземы: крайне мелкие, мелкие и среднемелкие – типичные; мелкие и среднемелкие – грубогумусированные; крайне мелкие, мелкие – глееватые; мелкие – оподзоленные.

Для почвенного покрова горных широколиственно-кедровых лесов характерна значительная неоднородность в пределах одного типа леса, обусловленная куртинно-групповым размещением деревьев разнообразного породного состава, различным стадийно-возрастным состоянием древостоев, а также разной степенью каменистости, характерной для горных почв. Так, в среднем по профилю количество мелкозема достигает 40–50 %, а в нижних горизонтах содержание мелкозема может снижаться до 10–20 % от веса всей фракции. Глубина почвенного профиля (предельная глубина распространения корней) в почвах под горными широколиственно-кедровыми лесами колеблется от 45 до 80 см, а в долинных лесах – от 50 до 120 см. Мощность гумусового горизонта в горных почвах варьирует от 4 до 28 см (от крайне мелкой до средне мелкой). Величина подстилки составляет 1–8 см. Не выявлено четкой связи между мощностью почвенного профиля, гумусового горизонта и группами типов леса.

В долинных почвах мощность гумусового горизонта меняется от крайне мелкой до мало-мощной.

Условия увлажнения, являющиеся функцией климата, рельефа, каменистости и др., являются важнейшим фактором определяющим произрастание тех или иных видов древесных растений, а также формирования того многообразия почв, которое мы встречаем на территории заповедника. Максимальное почвенное и лесное типовое разнообразие характерно для влажного периодически сырого режима увлажнения: бурозем типичный, бурозем глееватый, бурозем грубогумусированный, бурозем темный глееватый, бурозем глееватый на аллювиальных отложениях.

Буроземы грубогумусированные формируются чаще всего в условиях сырого увлажнения и в диапазоне кислотности от сильнокислой – до слабокислой.

Буроземам оподзоленным свойственна кислотность от крайне кислой до кислой и режим увлажнения сырой периодически избыточный – избыточный. Всего по одному типу леса описано на почве сухого, свежего периодически влажного и избыточного режимов увлажнения.

Кислотность (рН) почв кедрово-широколиственных лесов варьирует от сильнокислой до – нейтральной (рис.).

Почвенная кислотность не является серьезным лимитирующим фактором для произрастания той или иной группы типов леса, но все-таки имеются определенные закономерности в их размещении. Наиболее узкий диапазон кислотности характерен для кедрово-дубовых и долинных кедро-

вых лесов (почва сильнокислая – слабокислая), а наиболее широкий для широколиственно-чернопихтово-елово-кедровых лесов (почва крайне кислая – нейтральная).

Таблица. Запасы элементов в 30-см слое почвы в различных типах почвы.

Запасы в слое 0–30 см	Режимы почвенного увлажнения						
	Сухой	Свежий / влажный	Влажный	Влажный / сырой	Сырой	Сырой / избыточный	Избыточный
Бурозем типичный							
C (кг·м ⁻²)	3.5	3.9	3.2	5.2			
N (г·м ⁻²)	341	410	376	609			
P	1.3	3.2	1.4	2.5			
Ca ²⁺	123	250	168	495			
Mg ²⁺	15	55	21	42			
K ⁺	6	7	24	44			
Бурозем глееватый							
C (кг·м ⁻²)			2.4	2.9	4.0		
N (г·м ⁻²)			287	335	427		
P			0.7	0.4	н.о.		
Ca ²⁺			107	49	248		
Mg ²⁺			39	20	44		
K ⁺			9	7	16		
Бурозем глееватый на аллювиальных отложениях							
C (кг·м ⁻²)				6.0		5.0–5.8	
N (г·м ⁻²)				797		572–686	
P				1.3		1.4	
Ca ²⁺				446		475–666	
Mg ²⁺				47		56–71	
K ⁺				9		3–4	
Бурозем грубогумусированный					Бурозем оподзоленный		
C (кг·м ⁻²)				3.6	5.3–6.0	3.9	4.9
N (г·м ⁻²)				264	529–587	377	507
P				0.5	3–4.3	1.2	2.0
Ca ²⁺				187	249–516	96	318
Mg ²⁺				11	28–34	15	30
K ⁺				8	10–54	13	23
Бурозем темный оподзоленный				Бурозем темный глееватый			
C (кг·м ⁻²)			6.2	4.7			
N (г·м ⁻²)			717	496			
P			2.8	1.6			
Ca ²⁺			440	317			
Mg ²⁺			43	34			
K ⁺			17	16			
Аллювиальная темногумусовая почва							
C (кг·м ⁻²)						8.8	
N (г·м ⁻²)						1048	
P						5	
Ca ²⁺						475	
Mg ²⁺						46	
K ⁺						12	

Наиболее требовательными к увлажнению и плодородию почвы являются долинные кедрово-широколиственные и широколиственно-кедрово-чернопихтовые леса.

Запасы элементов минерального питания в 30-см почвенном слое (наиболее корнеобитаемый горизонт) меняются в зависимости от влагообеспеченности участка и типа леса (табл.).

На большей части пробных площадей в почвенных профилях нами были обнаружены угли в гор. АУ или ВМ. Это указывает на то, что послепожарные восстановительные смены на территории заповедника (как правило, завершающие стадии) развиваются не та уж редко, как считалось ранее. На протяжении предыдущего столетия восстановительные смены большей частью были обусловлены природными катастрофическими воздействиями (тайфуны, бури и т.п.).

pH (H ₂ O)								
3.0–3.5	3.5–4.0	4.0–4.5	4.5–5.0	5.0–5.5	5.5–6	6.0–6.5	6.5–7.0	
		кедрово-дубовые леса						
		широколиственно-кедрово-чернопихтовые леса						
		широколиственно-чернопихтово-кедровые леса						
		широколиственно-чернопихтово-елово-кедровые леса						
		долинные леса с кедром						

Рисунок. Диапазон значений pH (H₂O) для различных групп типов леса

УДК 630*2:574.45:57.03

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА СПЛОШНЫХ ВЫРУБКАХ В ПОДЗОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ: НА ПРИМЕРЕ БОРОВНИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.П. Глазунов, В.М. Гендугов, Р.П. Титарев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, toromt@gmail.com

Экологическая оценка состояния компонентов окружающей среды базируется на количественном исследовании и интерпретации биотического отклика (эффекта) системы на внешние воздействия (доза). Возможность проведения правомерной оценки существенно возрастает при использовании теоретически обоснованной и апробированной модели биотического отклика. Поэтому одним из перспективных путей развития экологической оценки, является использование теоретических моделей с минимальным набором параметров, при этом адекватно описывающих качественное состояние системы во времени.

Моделирование запасов древесной биомассы с использованием базовой функции продуктивности. Предлагается использовать модель продуктивности, предложенную В.М. Гендуговым, учитывающую время. Известно, что в экосистеме одновременно действуют процессы, приводящие и к росту запасов древесины и к их уменьшению. Будем считать, что с течением времени t запасы древесины q , имеющие некоторое начальное значение q_0 в момент времени t_0 изменяется со скоростью:

$$\frac{d(q - q_0)}{dt} = \frac{K^2(q - q_0)}{t^2} - \frac{B^2(q - q_0)}{t} \quad (1)$$

Первое слагаемое в правой части характеризует скорость прироста запасов древесины, а второе – скорость их убыли. Соответственно, K^2 и B^2 – коэффициенты прироста и убыли запасов древесины, которые, очевидно, являются положительными величинами.

После разделения переменных, последовательного интегрирования и потенцирования уравнение (1) примет вид:

$$q - q_0 = C \frac{1}{t^{B^2}} \exp\left(-\frac{B^2}{t}\right) \quad (2).$$

Перенесем q_0 в правую часть уравнения, произведем замену переменных $K^2=k$ и $B^2=b$ для упрощения вида выражения:

$$q = q_0 + C \frac{1}{t^b} \exp\left(-\frac{k}{t}\right) \quad (3)$$

Имея значения запасов древесины на восьми вырубках разного возраста, производим расчет по методу наименьших квадратов, с последующим уточнением по крайевым точкам.

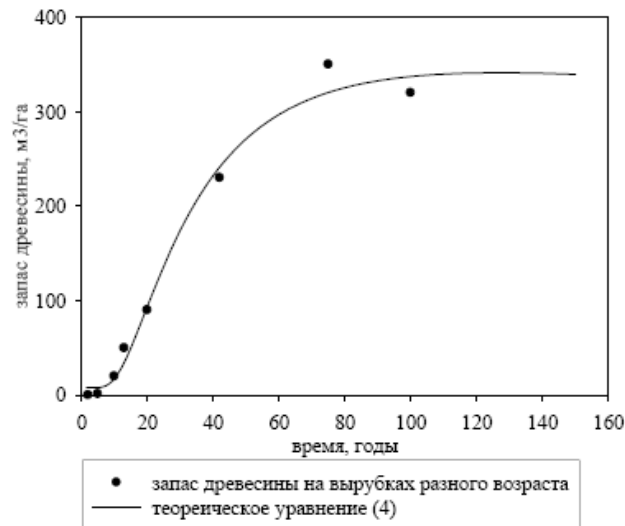


Рисунок 1. Восстановление запасов древесины на вырубках при естественном восстановлении и посадке культур ели.

С учетом найденных коэффициентов, уравнение (3) применительно к исследуемым вырубкам имеет вид:

$$q = \frac{3205,105}{t^{0,387}} \exp\left(-\frac{49,193}{t}\right) \quad (4)$$

Таким образом, изменение запасов древесины в лесной экосистеме может быть описано базовой моделью продуктивности. Полученная функция (рис. 1) имеет вид деформированного колокола с максимумом при $t \sim 129$ и характеризуется фазами роста, на основе которых может быть оценено лесное сообщество. Данная модель может служить основой для сравнения различных лесных сообществ по их продуктивности.

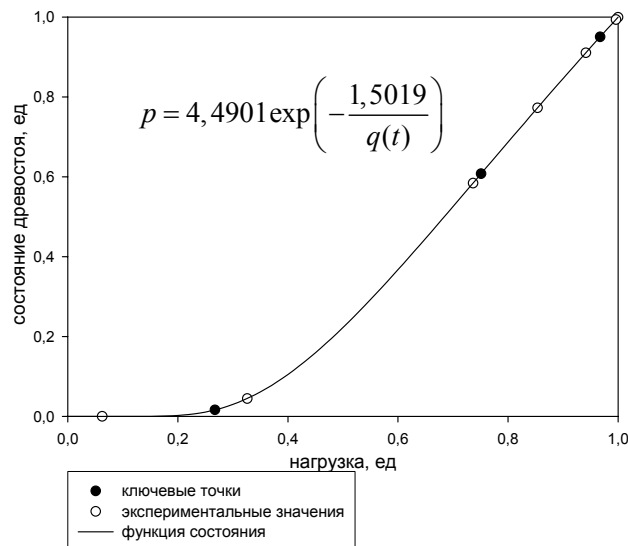


Рисунок 2. Прогнозирование состояния хронологического ряда вырубок

Использование функции состояния для оценки качества почв вырубок. В работе используется методика оценки состояния и нормирования качества экосистемы, испытывающей нагрузку, являющаяся результатом развития общепринятого подхода, основанного на анализе и интерпретации зависимости «доза – эффект». В предлагаемом варианте, под «дозой» понимается количественная мера нагрузки на лесное сообщество при рубке, а под «эффектом» – количественная мера функционирования экосистемы.

В связи с тем, что учет прямого воздействия трелевочных машин представляется трудоемким и не характеризует весь спектр воздействий на систему (например, изменившиеся освещенность,

водный и температурный режимы), в качестве интегрального показателя предложено использовать время. При выведении уравнения функции состояния остановились на простейшей из возможных его форм, поскольку даже это позволило в качестве решения получить S -образную функцию качества, которая изменяется в диапазоне от 0 до 1: $p = \gamma \exp(-\alpha / B)$ (5) где p – функция качества, γ и α – коэффициенты, которые должны определяться для каждого конкретного отклика на нагрузку, B – функция отклика на нагрузку. Для нахождения параметров функции состояния экосистемы (5) использовалось уравнение базовой функции продуктивности лесного сообщества (2), входящее в (5) в качестве аргумента. Полагая, что точка перегиба функции базовой модели продуктивности соответствует точке перегиба функции состояния, при нахождении коэффициентов (5) использовали значение функции продуктивности в этой точке, равное $q(t) = 0,7509$.

Это позволило найти $\alpha = 1,5019$ $\gamma = 4,4901$ и построить график функции (5) (рис. 2). Ключевые точки на графике функции состояния определены, исходя из свойств базовой функции продуктивности, выявляемых исследованием производных этой функции по времени.

В результате введена неравномерная оценочная шкала (табл.).

Таблица. Балльная оценка состояния.

Фазы роста посадок ели	Условный балл качества лесной экосистемы	Балл состояния экосистемы
Отсутствие посадок	5	≥ 1.001
Лаг-фаза	4	1.000–0.951
Ускоренный рост	3	0.950–0.608
Экспоненциальный рост	2	0.607–0.016
Замедленный рост	1	0.015–0.000

На следующем этапе были найдены значения функции состояния для фактических данных по запасам древесины на вырубках и определена их категория качества. Ни одна из исследованных вырубок не относится к 5 категории качества; к 4 категории были отнесены две вырубки возраста 2 и 5 лет. Вырубки в возрасте 10 и 13 лет относятся к 3 категории состояния; ко 2 категории относятся 20 и 42 летние вырубки и к 1 – 75 и 100 летние вырубки.

Категории состояния древостоя, полученные по модели, не противоречат данными по разнообразию растительности и почвенным свойствам, полученным в ходе экспериментальных наблюдений, что свидетельствует о том, что проведенная оценка является адекватной действительности.

ВЫВОДЫ

1. Многолетняя динамика запасов древесины на вырубках в условиях искусственного восстановления (посадок культур ели) характеризуется начальной фазой ускоренного роста, которая через два десятилетия сменяется замедленным ростом, а по достижении максимума через 75 лет, – медленным снижением запасов древесины.

2. Установленная экспериментально динамика запасов древесной массы q на восстанавливающихся вырубках в южно-таёжной подзоне удовлетворительно описывается уравнением базовой модели продуктивности, учитывающей время функционирования системы t :

$$q = \frac{3205,105}{t^{0,387}} \exp\left(-\frac{49,193}{t}\right)$$

3. В качестве основы экологической оценки лесных земель на вырубках может быть использована апробированная нами модель состояния, учитывающая качественные показатели растительности и почвенных свойств, аргументом которой служит базовая модель продуктивности.

ДИАГНОСТИКА ПОТЕНЦИАЛА ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЫ
В АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

П.В. Голусов

Белгородский государственный университет, Goleusov@bsu.edu.ru

Оценочной характеристикой способности природных факторов обеспечивать формирование почвенных тел и их отдельных свойств за определенный промежуток времени является почвообразовательный потенциал (ПП) факторов почвообразования. Концепция почвообразовательного потенциала разработана Г. Иенни [9] и получила дальнейшее развитие в работах В.О. Таргульяна [8], А.Н. Геннадиева [3]. Развернутую концепцию почвообразовательного потенциала дали С.А. Шоба с соавторами [7], определяя почвообразовательный потенциал природных факторов (ПППФ) как «способность (возможность) формировать из любого твердофазного субстрата следующие объекты: а) наиболее сложно организованные почвенные тела (профили, педоны) и почвенные покровы; б) наиболее динамически сбалансированные и устойчивые по функционированию почвенные системы, рассматриваемые как подсистемы – подземный ярус – в экосистемах...». Предложены два подхода к интерпретации концепции ПППФ: интегральный, основанный на исследовании действия всей совокупности факторов, и дифференцированный – когда анализируются частные потенциалы отдельных факторов почвообразования. В рамках второго подхода авторы выделяют ПП климата и биоты (впервые – В.О. Таргульян [8]), ПП материнских пород (ранее – И.О. Алябина [1]) и ПП рельефа, причем последний ПП в большей степени определяет формирование почвенного покрова, а не отдельных почв.

В наших исследованиях [5] предложено объединять интегральный и дифференцированный подходы к оценке почвообразовательного потенциала географической среды, используя как отклик степень формирования за определенный промежуток времени диагностических признаков новообразованных почв при определенном сочетании почвообразовательных факторов, например, в различных комбинациях субстратно-фитоценологических условий. Кроме того, проведена оценка климатического потенциала почвообразования для Центрально-черноземного региона на основе подхода, предложенного В.Р. Волобуевым [2]. Исследования процесса воспроизводства почвы на его разных онтогенетических этапах позволили установить зависимость темпа формирования ресурсных характеристик почвы (в частности, мощности гумусового горизонта) от степени морфологической зрелости ее профиля (рис. 1). Таким образом, целесообразно различать почвообразовательный потенциал среды и регенерационный потенциал почвообразования, определяемый состоянием самой почвенной системы, степени ее нарушения, дисбаланса с условиями среды, ее почвообразовательным потенциалом.

Принцип оценки регенерационного потенциала почвообразования исходит из положения, что нарушающее антропогенное воздействие, сопровождающееся абразией верхнего горизонта почвы или перемешиванием почвенных горизонтов, приводит к изменению онтогенетического (соответственно, регенерационного) статуса почвы. В результате нарушения почвенная система по шкале внутреннего времени «отбрасывается» к предыдущим стадиям развития, происходит ее омоложение, возрастают скорости процессов почвообразования, приводящие к расширенному воспроизводству почв. «Достройка» профиля деградированных почв может протекать с различной интенсивностью в зависимости от степени нарушения и развития остаточных горизонтов.

Оценка регенерационного потенциала почвообразования подразумевает 2 компонента (рис 2):

- Диагностика почвообразовательного потенциала природных факторов.
- Оценка степени нарушения почвы (стартовых условий воспроизводства почв).

Энергетический потенциал почвообразования оценивается по состоянию климатического фактора. Для оценки субстантивной составляющей почвообразовательного потенциала может быть использована матрица оценки почвообразовательного потенциала комбинации субстратно-фитоценологических условий [6]. В зависимости от условий рельефа, перераспределяющего потоки вещества и энергии, оценивается интегральный топологический потенциал почвообразования. В случае автоморфности условий почвообразования действие рельефа принимается константным. Диагностика степени нарушения почвы требует экспериментального обоснования.

В соответствии с различными вариантами регенерации почв [4] можно выделить следующие степени нарушения почвенного покрова: обратимое (нарушение структуры, сложения), иници-

рующее демулационное воспроизводство почв; частичное, инициирующее аппликативную регенерацию почв; полное, инициирующее рецентное почвообразование.

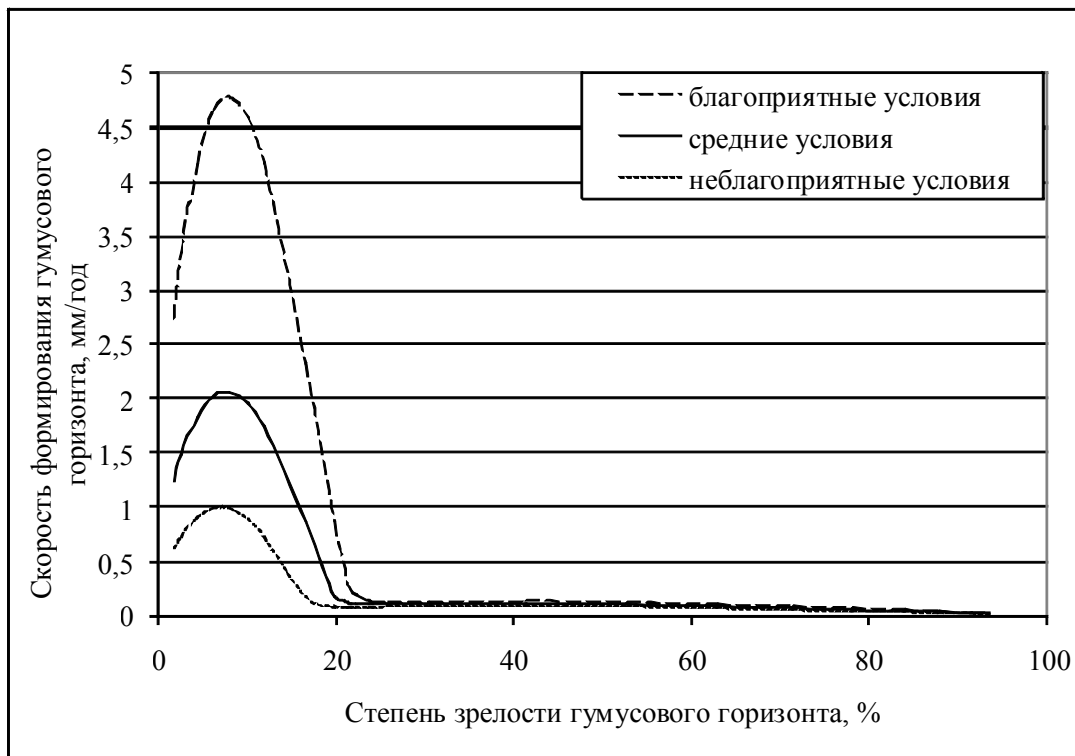


Рисунок 1. Зависимость скорости формирования гумусового горизонта лесостепных черноземов от степени его зрелости в разных условиях почвообразования.

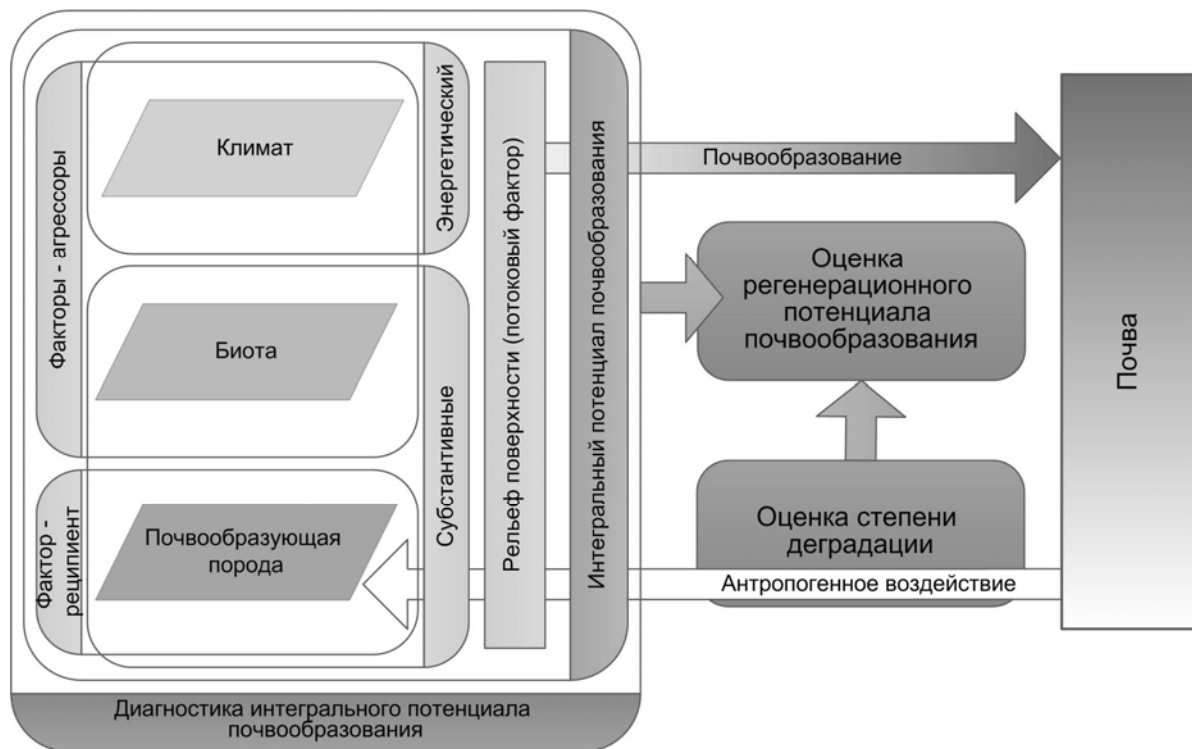


Рисунок 2. Оценка почвенно-регенерационного потенциала геосистемы

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алябина И.О.* Закономерности формирования поглотительной способности почв / И.О. Алябина. – М.: РЭФИА, 1998. – 47 с.
2. *Волобуев В.Р.* Энергетика почвообразования / В.Р. Волобуев // Известия АН СССР. – Сер. биол. – 1959. – № 1. – С. 45–54.
3. *Геннадиев А.Н.* Почвы и время: модели развития / А.Н. Геннадиев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 232 с.
4. *Голеусов П.В.* Варианты регенерации почв при механическом нарушении земной поверхности / П.В. Голеусов // Эволюция почвенного покрова. История идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы / Отв. Редакторы И.В. Иванов, Л.С. Песочина. – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. – Пущино, 2009. – С. 258–259.
5. *Голеусов П.В.* Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П.В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
6. *Голеусов П.В.* Формирование почв в различных комбинациях субстратно-фитоценологических условий лесостепной зоны / П.В. Голеусов // Почвоведение. – 2003а. – №9. – С. 1050–1060.
7. *Почвообразующий потенциал* почвообразующих факторов / С.А. Шоба, М.И. Герасимова, В.О. Таргульян и др. // Генеза, географія та екологія ґрунтів. – Львів, 1999. – С. 90–92.
8. *Таргульян В.О.* Развитие почв во времени / В.О. Таргульян // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1982. – С. 108–112.
9. *Jenny H.* Derivation of state equations of soil and ecosystems / H. Jenny // Soil. Sci. Soc Am. Proc. – 1961. – Vol. 25. – P. 385–388.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 14.740.11.0298 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

УДК 631.134

ОСОБО ЦЕННЫЕ И ЦЕННЫЕ ЗЕМЛИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ, ИХ ОЦЕНКА И ОХРАНА

О.М. Голодная, Н.М. Костенков

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток, golodnaya@ibss.dvo.ru,
kostenkov@ibss.dvo.ru

Вовлечение земельных ресурсов в товарно-денежные отношения базируется на оценке их стоимости. Основой для экономической оценки земли является земельно-кадастровая информация, которая охватывает все земли единого земельного фонда России, в том числе и земли сельскохозяйственного назначения. Правовой основой формирования рыночных отношений и необходимости проведения экономической оценки земельного фонда является «Земельный Кодекс Российской Федерации» (п. 4 ст. 79), где определены земли, относящиеся к категории особо ценные и ценные (ОЦиЦЗ).

С экономической точки зрения ОЦиЦЗ – это высокопродуктивные и высокоплодородные земли и их выделение в отдельную категорию связано с учетом вложенных в них затрат и возможностью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому выделение ОЦиЦЗ и установление их границ с целью дальнейшего обоснования земельного налога, арендной платы и др. платежей при сделках с земельными участками является актуальным.

Цель работы – выявить высокоплодородные и высокопродуктивные земли Приморского края для последующей их оценки и дальнейшего обеспечения регулирования отношений – наложения определенных обременений в их использовании.

Работа выполнялась в два этапа. На первом этапе – проведена инвентаризация особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения по собранным и систематизированным материалам.

На втором этапе – выделение и оформление границы данной категории земель на картографической основе масштаба 1:100 000.

Анализ полученной информации позволил составить реестр особо ценных и ценных земель края по кадастровым округам (административные районы), кадастровым районам (в пределах гра-

ниц бывших колхозов, совхозов до их реорганизации). Затем были определены площади отдельно взятых категорий этих земель.

Инвентаризация высокопродуктивных и высокоплодородных земель позволила составить «Атлас особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения Приморского края» и установить их реальные границы.

Атлас составлен в виде карт масштаба 1:100 000 по каждому кадастровому округу, где выделены на топографической основе отдельные категории особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения.

К Атласу прилагается «Сводный реестр особо ценных и ценных земель по кадастровым округам, районам, землепользователям».

В реестр занесены отдельные категории особо ценных и ценных земель, их площади и основные типы почв, формирующиеся на этих землях. Приведена комплексная агрохимическая оценка (КАП), которая представляет собой обобщающий комплексный агрохимический показатель, позволяющий дифференцированно оценить плодородие земель каждого конкретного поля (участка, выдела) в баллах, определена категория охраны.

Четкое разграничение особо ценных и ценных земель и их перечень по кадастровым округам обеспечит регулирование отношений в использовании этих земель и дает возможность наложить определенные обременения в их использовании согласно законодательным актам.

Учитывая экономическую значимость сельскохозяйственных угодий, эти земли имеют приоритет в обременении прав на нецелевое использование и подлежат особой охране.

УДК 631.47

ВЛИЯНИЕ ПРОКЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕЖИМЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Гончарова О.Ю., Г.В. Матышак

МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, goncholgaj@rambler.ru

В настоящее время происходит активное освоение криолитозоны России, в первую очередь севера Западной Сибири. Высокая уязвимость, а также особенности восстановления экосистем, формирующихся в зоне распространения многолетнемерзлых пород обуславливают необходимость детального изучения последствий нарушений. Целью данной работы была оценка влияния прокладки и эксплуатации линейных сооружений (газопровод) на режимы и функционирование почв криолитозоны севера Западной Сибири.

Для выполнения поставленной задачи на мониторинговом участке в районе г. Надым в течение нескольких летних полевых сезонов проводились режимные наблюдения за температурой и влажностью почв, а также за эмиссией и концентрацией углекислого газа в горизонтах почв и нарушенных грунтов. Предыдущие наблюдения на исследованном участке показали, что ширина зоны нарушения природной среды вдоль трассы газопровода Надым-Пунга изменяется от 40 до 400 м. Причем, несмотря на то, что после прокладки газопровода начинается активное восстановление природной среды, ширина воздействия нарушений со временем увеличивается.

Наши наблюдения проводились на трех ненарушенных участках: под лесом (площадка S3, почва – подзол иллювиально-железистый, мерзлота глубже 20 м), на плоскобугристом торфянике (площадка S1, почва – торфяно-криозем потечно-гумусовый, мерзлота около 55 см), на деградирующем торфянике (площадка S2, почва – торфяная олиготрофная деструктивная, мерзлота около 50 см). В аналогичных ландшафтах исследовались три нарушенных участка вдоль газопровода: T1, T2, T3. Почво-грунты на нарушенных участках представляют собой чередование торфяных, песчаных и суглинистых слоев голубовато-сизого и охристого оттенков, мерзлота глубже 3 м. Также проводились наблюдения непосредственно на насыпи над трубой газопровода и дороге вдоль газопровода.

По данным температурных наблюдений (табл. 1), наиболее «теплыми» оказались почвы под лесной растительностью (S3). Причиной этого является как отсутствие влияния вечной мерзлоты, так и микроклиматические особенности, характерные для лесных сообществ – приход тепла на поверхность лесных почв выше (сумма среднесуточных температур на поверхности). Наиболее «холодные» – криоземы плоскобугристого торфяника (S1).

Таблица 1. Показатели температурного режима воздуха и почв (август 2010).

Объект		Сумма средне-суточных темп. воздуха		Макс. темп. за период наблюдений	Мин. темп. за период наблюдений	Сумма среднесуточных температур почвы, °С		
		>0 °С	>10 °С			>0 °С		
				на 20 см, °С	на 20 см, °С	0 см	20 см	40 см
Нарушенные	T1	34.4	0.0	8.0	6.3	–	35.6	35.2
	T2			9.6	7.2	–	42.0	39.0
	T3			9.8	7.2	–	42.2	40.8
Ненарушенные	S1			1.6	1.5	31.0	7.6	5.0
	S2			3.6	2.9	31.0	16.3	2.3
	S3			6.1	5.5	37.1	28.8	26.2

Низкие температуры на глубине 20 см обусловлены минеральным характером почвенной массы, обладающей высокой теплопроводностью. Органогенный (торфяной) характер почвы деградирующего торфяника (S2) обуславливает более высокие температуры на глубине 20 см и более низкие на глубине 40 см (близко вечномёрзлые породы). Почво-грунты нарушенных участков (T1, T2, T3) существенно «теплее». Суммарные показатели и показатели минимальных и максимальных температур выше в 2–5 раз. Связано это с отсутствием влияния глубоко протаявшей после нарушений вечной мерзлоты, отсутствием термоизолирующей органической (торфяной) подушки, низкой влажностью. Таким образом, нарушения почв, вследствие прокладки различных линейных сооружений существенно влияют на температурный режим почв, увеличивая показатели их теплообеспеченности в несколько раз вне зависимости от типа ландшафта.

Величины эмиссии углекислого газа на изученной территории низкие и очень низкие, что свидетельствует о невысокой биологической активности всех изученных почв (табл. 2).

Таблица 2. Эмиссия и концентрация углекислого газа в почвах (средние показатели, август 2010).

Объект		Эмиссия, мг CO ₂ /м ² час	Концентрация CO ₂ , %		
			20 см	40 см	60 (или мерзлота)
Ненарушенные участки	S1	116	0.30	0.29	0.30
	S2	42	0.10	0.16	н.д.
	S3	205	0.15	0.31	0.23
Нарушенные участки	T1	150	0.17	0.95	–
	T2	291	0.68	1.14	–
	T3	66	0.10	0.16	–
	дорога	15	–	–	–
	труба	170	–	–	–

Максимальные величины эмиссии наблюдались на нарушенных участках – отсыпке вдоль газопровода, над трубой, из ненарушенных – в лесу; минимальные – на дороге, на ненарушенных участках с близким залеганием вечной мерзлоты. Максимальными величинами продукции углекислого газа характеризуются те же нарушенные участки вдоль газопровода. Среди ненарушенных участков максимальными величинами концентраций CO₂ характеризуются лесной участок и плоскобугристый торфяник, но при этом эти величины в 2–3 раза ниже, чем на нарушенных участках.

Относительно высокие величины продукции углекислого газа почво-грунтами на ряде нарушенных участков можно объяснить их лучшей теплообеспеченностью, что оказывает влияние на их биологическую активность. Также при морфологических описаниях почво-грунтов нарушенных территорий было выявлено, что они состоят из прослоев песка, суглинка и торфа. Торф, оказавшись в оптимальных условиях (относительно повышенные температуры и оптимальная влажность) активно минерализуется, что сопровождается усилением выделения углекислого газа. При этом чередование слоев грунта разного гранулометрического состава затрудняет диффузию газов через почвенную толщу. В связи с чем, различия в величинах эмиссии на нарушенных и ненарушенных участках не столь контрастны, как величины концентрации газа в почвенной толще.

Таким образом, нарушения почвенного покрова, вызванные прокладкой и функционированием линейных сооружений в условиях криолитозоны, сопровождаются не только изменением морфологического облика почв и их физико-химических свойств, но и изменением режимов их функ-

ционирования, в частности температурного режима и процессов газообмена с атмосферой. Существенное изменение газовой продукции в нарушенных почвах нельзя недооценивать с точки зрения глобальной функции почвенного покрова в процессах регулирования стока и эмиссии парниковых газов наземными экосистемами, особенно в условиях криолитозоны.

УДК. 631.6

РАЗВИТИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ НА ДАВНООРОШАЕМЫХ КЯРИЗНЫХ ПОЧВАХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

А.Г. Гулиев

Нахчыванский государственный университет, elovset_q@mail.ru

Подземный поток грунтовых вод издавна используется населением как для водоснабжения, так и для орошения в виде кяризов. Последние приурочены к водоносным горизонтам и представляет собой подземные водопроводы. Они снабжены отдушниками в виде колодца или скважины, через которые при помощи подземных горизонтальных галерей — *кяризов* (ганат) самотеком выносятся на поверхность.

Кяризы, как уже говорилось – это тип искусственного использования подземных вод, широко развиты в восточных странах мира, где имеются недостатки в питьевых и поливных водах. История использования кяризов уходит в глубокую древность, имея примерно не меньше 5–6 тысяч лет.

Однако кяризы дали возможность лишь в конкретных условиях развивать орошение. Так как подводящие каналы из кяризов были очень короткими или вообще не было. В результате этого сократились фильтрационные потери.

Древние кяризы имели своеобразные инженерные сооружения, находящиеся только над водонепроницаемым или слабопроницаемым водоупором, состоявшем в большинстве случаев из средних и тяжелых коренных глин или суглинка.

По данным международного центра кяризов (ганат) ЮНЕСКО количество использованных подземных вод за счет кяризов примерно составляет за год в Иране из 34355 кяризов 8.4 млрд.м³, в Афганистане из 5984 кяризов 1.77 млрд.м³, в Пакистане из 841 кяризов 0.510 млрд.м³, в Омане из 3108 кяризов 0.460 млрд.м³, в Азербайджане из 885 кяризов 0.419 млрд.м³.

Использование кяризных вод в орошении имеет своеобразное влияние на почвообразование, которым очень мало осведомлены современным исследованием в аридных зонах. Кяризные воды насыщены с питательными элементами более много чем у субартезианских скважин.

Поскольку возраст некоторых территорий Азербайджана (Нахчыванского, Карабахского, Гянджинского и др.) исчисляется несколькими тысячелетиями, почвы этих земель местами уже совсем утратили признаки первоначальных естественных типов. Почвы таких территорий древнего поливного земледелия называют староорошаемыми кяризными почвами.

Разветвленная сеть кяризных систем в районах, где используются кяризные воды для орошения, каналы и арыки представляют собой своеобразную кяризную гидросеть, которая вызывает в почвогрунтах процессы, свойственные природному режиму конусах выноса речных долин. Возникают или восстанавливаются (если земли расположены на речной долины или в дельте) гидроморфные процессы. Питание кяризных систем является весьма разными путями из подземных притоков вышележащих территории, из конуса выноса рек, инфильтрационных вод из оросительных каналов и водохранилищ и др.

Установлено, что увеличение минерализации кяризных вод соответствует максимальному стоянию уровня воды в водохранилищах и период интенсивного орошении вновь освоенных земель. Такое явление можно объяснить непосредственным участием соленосных пород растворимых инфильтрационными, оросительными и фильтрационными водами из водохранилища и каналов.

После выхода кяризных систем из строя, прекратился полив кяризными водами, в результате процесс закономерности почвообразования кяризных почв стало не стабильным.

Кяризные почвы существенно отличаются от естественных почв и их предшественников. Под влиянием кяризных вод для орошения и воздействием поливной культуры изменяется водный, тепловой и биологический режим почв, что вызывает изменение их верхних слоев. Естественные

признаки первоначального типа почвы сохраняются лишь в верхнем горизонте почвенного разреза. Такие почвы называют кяризными орошаемыми сероземами, орошаемыми сероземно-луговыми т. д.

Эти почвы по существу антропогенные почвы и возникли под влиянием многовекового кяризного орошения на мелкоземистых культурно-ирригационных наносах, отложенных из кяризных вод, которыми производится орошение. Ежегодное насаивание кяризных ирригационных наносов (до 0.1–0.4 мм/год) привело к наращиванию их мощности до 0.3–0.8 м и более (в некоторых случаях до 1 м), а прежние естественные почвы оказались погребенными под ними.

Для староорошаемых кяризных почв характерны: 1) невысокое содержание гумуса (0.8–1.5 %), 2) однородное сложение и однородный среднесуглинистый механический состав; 3) большая насыщенность (до 1 м и глубже) деятельной микрофлорой; 4) присутствие карбонатных и гипсовых горизонтов в зонах, где встречается влияние морско-лагунных отложений в процессе почвенного образования.

До 1950 гг. во многих районах Азербайджанской Республики кяризы занимали значительное место в период полива сельскохозяйственных культур. После 1960 г. использования субартезианских скважин и строительства водохранилищ кяризы стали забытым и до начала XXI века. Они не отремонтировались в течение 40 лет. Благодаря современному подходу к развитию и восстановлению кяризных систем является актуальным вопросом перед республикой.

В современных условиях, где кяризы выходят из строя, начинается недостаточный дренажный отток, даже при неумеренном поливе происходит поднятие грунтовых вод, приводящих к вторичному засолению или даже заболачиванию почв. То и другое резко снижает плодородие почв. Земли, подвергшиеся к вторичному засолению, находящиеся уже в стадии различных солончаков особенно распространены по периферии орошаемых земель, где раньше действовали кяризы.

УДК 631.4

ПОГРЕБЕННЫЕ ПОЧВЫ УСТЬЯ РЕКИ ОХТЫ

П.Д. Гурин¹, Т.А. Константинова²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, gurinpavel.ne@gmail.com

²ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, soilmuseum@bk.ru

Цель работы: исследовать погребенные почвы в устье реки Охты.

Исследуемые почвы находились на территории памятника многократного заселения в устье реки Охта. По данным П.Е. Сорокина на этой территории располагалась древнейшая стоянка человека времен неолита – раннего металла (5–3 тыс. лет. до н.э.). Также на этой территории располагались поселения и крепости: крепость Ландскрона, поселение Невское устье, крепость Ниеншанц.

В рамках работы было отобрано 3 почвенных монолита погребенных почв. Возраст погребенных почв датируется как 5500 лет (2 монолита) и 710 лет (1 монолит). Помимо площадок отбора монолитов производилось описание почв близлежащих археологических раскопов.

Почвы с возрастом погребения 5500 лет соответствуют периоду первых стоянок человека времен позднего неолита, обнаруженных на этой территории. Почвы погребены под 3 метровым слоем стерильного песка и не характеризуются заметными признаками современного антропогенного нарушения. Дневная поверхность почвы до погребения располагалась вблизи поселения людей. Почвы этого погребения характеризуются следующим строением почвенного профиля: Охта-1 Н₁-Н₂-Е-ВС-Г, Охта-2 АU-AUg-Eg-G. Почвы характеризуются как переувлажненные, помимо гидроморфных горизонтов, в верхней части профиля обнаружены охристые пятна по ходам корней и железисто-марганцевые конкреции. Морфологическое строение почвообразующей породы подтверждает данные о том, что изредка территория подвергалась затоплению. О влиянии древних поселений людей могут свидетельствовать обильные включения пирогенного угля.

Вторая группа исследуемых погребенных почв относится к погребению 1700 года н.э., приуроченному к разрушению крепости Ландскроны. На значительной площади почва подверглась антропогенному преобразованию после погребения, в основном, вследствие строительства и деятельности верфи:

1. Верхние горизонты некоторых почв пропитаны мазутом;
2. Вокруг свай наблюдается активная турбированность горизонтов почв.

Образцы и монолит погребенной почвы отбирали на наименее измененном участке, не подверженному влиянию свай. Тем не менее, были обнаружены единичные корневины пропитанные мазутом. Почва характеризовалась следующим строением профиля H₁-Bih₁-Bih₂-BC-G. Почва перекрыта слоем гати мощностью 5–10 см (в нашем случае состоящей из веток хвойных пород деревьев). Вследствие гидроморфных условий гать хорошо сохранилась и в некоторых случаях даже не утратила зеленый оттенок хвои.

В целом почвы исследуемой территории характеризуются выраженными признаками былого гидроморфизма, что накладывало отпечаток на тип хозяйственного использования этих земель в древности. Почвы более древнего погребения характеризуются большей сохранностью, чем более позднего погребения. Практически сразу после отбора монолитов оставшаяся на месте раскопок погребенная почва была скрыта и ныне представлена лишь в форме монолитов и образцов, отобранных специалистами. В дальнейшем планируется подробное исследование физико-химических свойств отобранных почв.

Выражаем особую благодарность Петру Егоровичу Сорокину за предоставленную возможность проведения исследований почв археологического памятника в устье Охты.

Исследование проведено в рамках проекта НИР СПбГУ «Экологические основы качества жизни населения в мегаполисе».

УДК 631.618

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ КУЗБАССА

В.Г. Двуреченский

Учреждение Российской академии наук Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН (ИПА СО РАН), г. Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru

Решение проблемы генезиса, классификации, диагностики техногенных земель в Российской Федерации осложнено их большими масштабами и экологическим разнообразием. Виды нарушений и географическое месторасположение техногенных ландшафтов могут быть самыми различными. Это и карьерные выемки с различными системами отвалообразования Кузбасса, Дальнего Востока, и обширные породные отвалы Якутии и Кольского полуострова.

Для исследования были взяты техногенные ландшафты степного ядра лесостепной зоны (35-летний отвал углераза, расположенного в районе г. Ленинск-Кузнецкий) и горно-таежного пояса Кузбасса (40-летний отвал углераза, расположенного в районе г. Междуреченск). Это сделано потому, чтобы показать контрастность их разнообразных свойств на относительно небольшом, в географическом плане, пространстве.

В посттехногенный период восстановления растительного и почвенного покрова на данной территории в результате естественного восстановления нарушенных земель сформировался специфический почвенный покров, в составе которого, согласно классификации, разработанной сотрудниками лаборатории рекультивации Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск), преобладают четыре основных типа эмбриоземов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. По классификации почв России 2004 года эти типы эмбриоземов относятся к стволу техногенных поверхностных образований (ТПО). Инициальные эмбриоземы принадлежат к подгруппе литостратов из группы натурфабрикатов. Органо-аккумулятивные эмбриоземы можно отнести к типу псаммоземов, относящихся к отделу литоземов. Дерновые и гумусово-аккумулятивные типы эмбриоземов близки к псаммоземам и пелоземам гумусовым из отдела литоземов.

Эмбриоземы инициальные – эволюционно молодой тип почв, морфологическим признаком которых является отсутствие биогенного горизонта. Примитивность профиля данного типа обусловлена недостаточной интенсивностью трансформации субстрата вследствие отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов. В них нет дифференциации почвенного профиля, но на поверхности накапливается слой неразложившейся подстилки, являющийся типодиагностическим горизонтом.

В эмбриоземах дерновых профильная дифференциация минерального субстрата определяет биогенным горизонтом, представляющим собой дернину. При его возникновении начинается активное преобразование физических и химических свойств данного субстрата.

Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные – наиболее эволюционно развитые почвенные образования техногенных ландшафтов, обладающие развитым профилем, в котором морфологически выделяются как дернина, так и гумусово-аккумулятивный горизонт, что свидетельствует о глубокой степени трансформации почвообразующего субстрата под воздействием процессов разложения и синтеза органического вещества.

Итак, в автоморфных элювиальных и трансэлювиальных позициях техногенных ландшафтов в зависимости от рельефной или литогенной особенности расположения, формируются инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые или гумусово-аккумулятивные эмбриоземы. При этом инициальные эмбриоземы занимают крутые склоны, наиболее инсолируемые поверхности отвалов и т.п.; органо-аккумулятивные расположены под посадками кустарников, лиственных и хвойных деревьев, появившихся на отвалах при проведении лесной рекультивации или самосевом; дерновые занимают пологие склоны или горизонтальные участки с сильно каменистыми породами; гумусово-аккумулятивные – горизонтальные поверхности с породами, в состав которых входит большое количество мелкозема и, особенно, фракций физической глины.

Развитие эмбриоземов в горно-таежном поясе Кузбасса протекает поэтапно: инициальные ↔ органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные. Исходя из качества рельефа и почвообразующих пород, при благоприятных условиях почвообразования, ранние этапы эволюции, к 40-летнему возрасту ландшафта, заканчиваются образованием гумусово-аккумулятивных эмбриоземов. К этому времени вырастают самосевные кустарники и деревья. В некоторых профилях грубогумусово-аккумулятивных эмбриоземов непосредственно под лесной подстилкой проявляются признаки иллювиально-гумусового процесса и сопровождающего его оподзоливания и лессиважа. Учитывая эти факты, предполагается, что эволюция почв техногенных ландшафтов горно-таежного пояса идет в сторону образования бурых таежных почв. Однако, в зависимости от экспозиции отвалов (высокая степень инсоляции и др.) и крутизны склонов (смыв мелкозема и др.), а также других неблагоприятных условий почвообразования, эмбриоземы даже за этот период времени могут оставаться на инициальной стадии и, скорее всего ими останутся на неопределенно долгое время, пока не изменятся условия почвообразования. Следующая, органо-аккумулятивная стадия эмбриоземов тоже может остановить свое развитие и находиться в метастабильном состоянии, так как под пологом древесной и кустарниковой растительности в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса травянистый покров развит слабо, дернина не образуется. Данная стадия может деградировать до инициальной на непродолжительное время, вследствие неблагоприятных условий (пожар, выпадение растений и результате болезней, несанкционированных порубок и т.д.). Затем на этих участках будет происходить интенсивное заселение травянистой растительностью, и в течение 8–10 лет (со сменами сукцессий), образование дернины, и вследствие этого дернового эмбриозема с дальнейшим переходом в гумусово-аккумулятивный.

Почвенный покров техногенных ландшафтов, расположенных в степном ядре лесостепной зоны Кузбасса, мозаичен и представлен эмбриоземами инициальными, органо-аккумулятивными, дерновыми и гумусово-аккумулятивными. В генетическом плане эти типы эмбриоземов считаются производными соответствующей стадии почвообразования, и их эволюция определяется перспективами продолжения развития таких процессов, как гумификация и аккумуляция гумуса. При благоприятных факторах (породы, рельеф, микроклимат) и условий (кислотность, аэрируемость, плотность пород и др.) почвообразования в конечной стадии эволюции ожидается формирование профиля почвы, сходного (но не аналогичного) с профилем зональных выщелоченных черноземов. Однако этому препятствуют главная особенность – субстрат сформированного отвала, состоящий из смеси вскрышных, вмещающих пород и угля, не способствует образованию черноземов, потому, как важнейшим условием черноземообразования является наличие лессов, однородных лессовидных или близких к ним покровных суглинков с фракциями физической глины, включающими в себя гидрослюды и монтмориллониты. В техногенных ландшафтах почвообразующие породы представлены хаотичной смесью пород различного происхождения, минералогического и гранулометрического составов. Поскольку гипергенное преобразование таких пород в состояние, пригодное для черноземообразования требует большого количества времени, то, по закону соответствия

факторов почвообразования, до окончания гипергенеза профиль выщелоченных черноземов на таких породах не сформируется.

Направление развития эмбриоземов в степном ядре лесостепной зоне Кузбасса протекает поэтапно: инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные.

В зависимости от экспозиции и крутизны склонов отвалов, эмбриоземы могут оставаться в метастабильном состоянии на инициальной стадии неопределенно долгое время, пока не появятся условия для перехода (через относительно кратковременную органо-аккумулятивную) в дерновую стадию. Однако, органо-аккумулятивная стадия эмбриоземов на участках, где проводилась лесная рекультивация, тоже может остановить свое развитие и находиться в метастабильном состоянии. Это показали исследования на отвалах степного ядра Кузбасса, при которых неоднократно отмечалось, что с проведением лесной рекультивации под посадками сосны и облепихи (которая выпадала к 30-летнему возрасту) травянистый покров практически не развивается, поэтому дернина не образуется. В результате этого органо-аккумулятивная стадия не только никогда не сможет эволюционировать в дерновую, а тем более в гумусово-аккумулятивную, но вследствие неблагоприятных условий (пожар, выпадение растений) может деградировать до инициальной.

Географические признаки в горно-таежном поясе и лесостепной зоне Кузбасса отличаются, прежде всего, площадью каждого из типов эмбриоземов в составе почвенного покрова техногенного ландшафта. В степном ядре лесостепной зоны до 70 % площади отвала представлены эмбриоземами дерновыми и гумусово-аккумулятивными. В горно-таежном поясе, соответственно их доля составляет около 40 %, а инициальные и органо-аккумулятивные эмбриоземы здесь преобладают. Это связано с тем, что, во-первых, в горно-таежном поясе инициальные эмбриоземы эволюционируют до органо-аккумулятивных и, в связи с неблагоприятными условиями почвообразования, задерживают дальнейшее свое развитие на данной стадии; во-вторых, органо-аккумулятивные эмбриоземы в степном ядре сформировались, в основном, под искусственными посадками деревьев и кустарников, тогда как в горно-таежном поясе органо-аккумулятивные эмбриоземы сформированы, как правило, в процессе естественного самозарастания древесными и кустарниковыми видами с участием лесного разнотравья.

Так как биотические и абиотические процессы развиваются в направлении устойчивых метастабильных в данной природно-климатической зоне образований, то есть стремятся к зональному типу, то в этом же направлении происходит развитие эмбриоземов техногенных ландшафтов. Однако, в результате влияния литогенных и техногенных факторов, эмбриоземы ландшафтов, нарушенных вследствие добычи полезных ископаемых, в различных природно-климатических зонах Кузбасса имеют свойственные только им характерные особенности. Поэтому техногенные ландшафты следует относить к эоклиматам с присущим только им набором признаков.

ВЫВОДЫ

1. Географическое сходство техногенных ландшафтов Кузбасса выражено практически одинаковым составом почвенного покрова в различных биоклиматических зонах, которое проявляется в одинаковом наборе типов эмбриоземов. Географические признаки различия в горно-таежном поясе и лесостепной зоне Кузбасса определяются, прежде всего, площадью каждого из типов эмбриоземов в составе почвенного покрова техногенного ландшафта.

2. В составе почвенного покрова техногенных ландшафтов горно-таежного пояса и лесостепной зоны Кузбасса проявляются зональные особенности, определяемые географической и эволюционной спецификой каждого типа эмбриоземов в конкретном ландшафте.

3. Эволюция эмбриоземов техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса протекает поэтапно: инициальные ↔ органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные. При благоприятных условиях почвообразования, ранние этапы эволюции заканчиваются образованием гумусово-аккумулятивных эмбриоземов.

4. Эволюция эмбриоземов техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса, в зависимости от факторов и условий почвообразования, происходит по направлению: инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные.

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ПРИМОРЬЯ

А.М. Дербенцева¹, Л.Т. Крупская², А.В. Назаркина³, В.Т. Старожилов¹, В.Н. Пилипушка¹¹Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, derbentseva@marbio.dvgu.ru²Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск³Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

В настоящее время деградация почв стала одной из самых серьёзных экологических проблем нашего времени. Проблема деградации почв поставила перед наукой почвоведение несколько задач: 1) расшифровать механизмы проявления всех форм деградации почв и дать количественную оценку степени их проявления; 2) выявить количественные зависимости между характером (типом) антропогенных факторов и различными формами деградации почв; 3) установить степень (величину) изменений, произошедших в почвах под воздействием различных форм деградации; 4) разработать новую номенклатуру и новую классификацию деградированных почв. Исходя из этого, в работе представлены региональные результаты многолетних исследований по развитию деградационных процессов в почвах агроэкосистем. Известно, что агроэкосистемы относятся к числу так называемых антропогенных экосистем. Почвенный покров в них представлен такими основными типами почв, наиболее интенсивно используемыми в сельскохозяйственном производстве: агрозёмы текстурно-метаморфические, агротёмногумусовые подбелы глеевые, агрозёмы структурно-метаморфические, агрогумусово-гидрометаморфические, тёмногумусово-глеевые, агрогумусовые (агродерновые) аллювиальные. Названные почвы имеют соответствующие диагностирующие профили с определёнными химическими и физическими свойствами. Эти свойства могут нарушаться под воздействием процессов иссушения или переувлажнения почв (физическая деградация), эрозии (механическая деградация), дегумификации (биологическая деградация), загрязнения химическими элементами-загрязнителями (химическая деградация).

На территории Приморья всё более и более активизируются процессы биологической деградации почв. Снижается интенсивность гумусообразования, дыхания почв, гумусонакопления. Содержание гумуса в агрозёмах в среднем уменьшилось на 30–50 % от исходного состояния. Объем утраченного гумуса обуславливается количеством ежегодно отчуждаемого гумуса с урожаем и количеством образующегося за это же время гумуса за счет гумификации органического вещества. Процессы гумификации в пахотных (деградированных) почвах зависят от нескольких причин:

- от количества остатков органического вещества на поверхности почвы и в почве в виде не убранный биомассы после отчуждения урожая (пожнивные остатки, ботва корнеплодов и т.п.);
- от качества оставшегося на поверхности почвы и в почве органического вещества, обуславливающего скорость процесса гумификации и качество формирующегося гумуса;
- от количества и качества привнесенного в почву органического вещества в виде удобрения;
- от характера сидератов, запахиваемых в почву.

Например, известно, что в условиях муссонного климата данной территории выращивание зерновых культур вызывает дегумификацию: с урожаем отчуждается биомассы в 1.5 раза больше, чем остается в почве и на почве. А возделывание сои и многолетних трав, наоборот, способствует накоплению гумуса. Так, запахка многолетних трав обеспечивает прибавку гумуса до 3.2 т/га, а пожнивных остатков сои – до 240 кг/га. Характер поступающего в почву органического вещества обуславливает и качественный состав гумуса. Так, запахка трав и пожнивных остатков сои делает гумус гуматным, а внесение торфа – фульватным. Это отражается на урожайности сельскохозяйственных культур. Так, установлено, что для получения оптимального урожая пшеницы необходимо содержание гумуса от 3 до 3.5, сои – 2.0–2.5, овощей – 3.5–4.5 %.

То есть биологическая деградация почв вызвана нарушением малого биологического круговорота, вследствие отчуждения из почв биомассы в виде урожая сельскохозяйственных культур. Не менее активно проявляется и физическая деградация, вызванная особенностями водно-воздушного режима почв, который обусловлен ритмикой распределения атмосферных осадков: засушливые весна и первая половина лета, тайфунные продолжительные и обильные осадки в конце лета и осенью. На время переувлажнения почв приходится до 80–85 % осадков от годового объёма. В неблагоприятные периоды физическая деградация сводится к разрушению почвенной структуры (деформация порового пространства, уплотнение, дезагрегация, утяжеление гранулометрического состава, появление переуплотнённых водоупорных прослоек во время заболачивания

ния, ухудшение водопроницаемости и др.). Как видим, физическая деградация почв разнообразна по своим проявлениям и не менее разнообразна по своим последствиям. Ухудшение физических свойств затрудняет обработку почв и ведёт к изменению их водно-воздушного режима. Изменение водно-воздушного режима обуславливает изменение химических свойств (реакция среды, окислительно-восстановительные условия) и, в конечном итоге, к ухудшению пищевого режима почв. Из этого ясно, что физическая деградация оказывает двойное воздействие на ухудшение плодородия почв.

Физические изменения напрямую связаны с возникновением другого типа деградации почв: механическая. Этот тип деградации почв выражается в выносе тонкоиловых и коллоидных частиц из поверхностных горизонтов почв под воздействием поверхностного водного потока. В зависимости от характера хозяйственной деятельности, вида эрозионных процессов и типа почв может возникать несколько форм эрозии. Плоскостная и линейная формы эрозии возникают на агрозёмах текстурно-метаморфических, агротёмногумусовых подбелах глеевых, агрозёмах структурно-метаморфических. Ирригационная форма эрозии проявляется при возделывании риса на агрогумусово-гидрометаморфических и тёмногумусово-глеевых почвах. Речную форму эрозии можно наблюдать на агрогумусовых (агродерновых) аллювиальных почвах, залегающих на пойменных и надпойменных террасах разного уровня, в периоды выхода паводковых вод из берегов рек. Как уже отмечалась, вместе с дождевыми и паводковыми водами с пахотных угодий выносятся почвенные частицы различной крупности, содержащие питательные для растений вещества. Из всех изученных почв для агротёмногумусовых подбелов глеевых содержание питательных веществ в твёрдом стоке наименьшее. Оно распределено равномерно весной, летом и осенью. На агрозёмах текстурно-метаморфических сток содержит больше питательных веществ осенью, причём вынос гумуса увеличивается в 1.3 раза, калия в 1.5 раза. На агрозёмах структурно-метаморфических уменьшение содержания питательных веществ наблюдается в осеннем стоке. Таким образом, их трёх типов почв, развитых на склоновых формах рельефа, наиболее податливы к эрозии агрозёмы текстурно-метаморфические. Эти почвы обладают низкой водопроницаемостью, быстрой запыляемостью во время дождей и, поэтому, на них происходит интенсивное формирование эрозионного поверхностного стока. На втором месте стоят агрозёмы структурно-метаморфические, занимающие более крутые склоны увалов, но имеют, как правило, хорошую фильтрацию по всему почвенному профилю. Агротёмногумусовые подбелы глеевые также как агрозёмы текстурно-метаморфические обладают рядом свойств, обуславливающих понижение их противозерозионной устойчивости. Это значит, что при одних и тех же метеорологических условиях на разных почвах формируется различной мощности и разного качества поверхностный сток.

Антропогенные факторы, результатом которых является загрязнение почв, приводят к изменениям различных химических свойств почв, то есть к химической форме деградации: изменяется кислотность-щелочность почв, изменяется окислительно-восстановительный режим почв в сторону ухудшения окислительного, уменьшается количество элементов питания растений в почвах, повышается концентрация токсичных для человека и растений веществ (пестициды, химические элементы-загрязнители, радионуклиды и др.). Наглядно процесс химической деградации почв нами прослежен по распаханным частям бассейнов рек юга Дальнего Востока. Так как технический прогресс на современном этапе связан с использованием природных ресурсов, развитием металлургической и химической промышленности, строительной и тепловой индустрии, развитием и увеличением количества различных видов транспорта, то в выбросах и отходах, поступающих на (в) почвы различными путями, содержится огромное количество различных химических веществ-загрязнителей. Техногенное загрязнение почв химическими веществами происходит следующими путями: промышленными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, сточными водами, через складирование и захоронение твердых отходов промышленного производства в почвах и водоемах. Загрязнение пахотных почв элементами-загрязнителями шло и идет в основном вблизи крупных городов юга Дальнего Востока (Владивосток, Находка, Уссурийск, Артем, Спасск, Арсеньев, Кавалерово, Дальнегорск и др.). Основными источниками этих химических веществ-загрязнителей почв являются:

- машиностроительная и металлообрабатывающая промышленности во Владивостоке, Арсеньеве, Находке;
- судостроительная промышленность во Владивостоке, Славянке, Находке;
- стройиндустрия во Владивостоке, Уссурийске, Спасске, Лесозаводске, Новоникольске;

- железнодорожный транспорт с ремонтными базами в Уссурийске, Сибирцево, Смоляниново, Ружино;
- химическая и легкая промышленность во Владивостоке, Дальнегорске;
- горнорудная и горно-перерабатывающая промышленность в Артеме, Партизанске, Лучегорске, Ярославке, Кавалерово, Дальнегорске.

Основными транспортерами загрязнителей являются сточные воды и воздушные потоки из заводских труб. Особо следует сказать о техногенном влиянии на почвы горнорудной промышленности. На юге Дальнего Востока широко развита добыча полезных ископаемых и горючих материалов открытым способом. В виде каменноугольных разрезов, дражных полей, карьеров строительных материалов и сырья для химической промышленности (бариты, цеолиты и др.). При добыче минерального сырья открытым способом происходит тройное воздействие на агроэкосистемы:

- разрушается почвенный покров в зоне функционирования горнорудного предприятия;
- отчуждаются площади почв под складирование вскрышных пород;
- возникают вторичные техногенные геохимические потоки, несущие химические элементы-загрязнители, вымытые из вскрышных пород.

Попадая в окружающую природную среду (воздух, водоемы, почву) загрязняющие вещества переносятся, распространяются воздушными потоками и водотоками, мигрируют из одной природной среды в другую. Например, из воздуха в почву и водоемы, из почвы в водоемы и воздух, из водоемов в почву и воздушный бассейн. Наиболее активно и на большие расстояния загрязняющие примеси переносятся воздушными потоками, попадая на поверхность почв в виде сухих и влажных выпадений. При этом почва рассматривается как поставщик элементов-загрязнителей в бассейнах рек. В эрозионно-русловом процессе участвуют загрязнённые водные потоки и в основном почвы пойм, надпойменных террас и шлейфов пологих склонов. Поставщиком твердого почвенного материала, содержащего химические элементы-загрязнители, являются в основном агрогумусовые, агротёмногумусовые горизонты. Этот материал в процессе эрозионно-денудационных явлений перемещается с водными эрозионными потоками по поверхности водосборных бассейнов в русла рек, в озера и пруды, моря и океаны.

Таким образом, несмотря на отличия почв по воздействию на них различных форм деградации, экологическая нагрузка на агроэкосистемы зависит от физических, химических, биологических свойств почв и их буферной способности по отношению к загрязнению. От состояния агроэкосистем зависит количество и качество продуктов питания.

УДК 504.06:574(571.56)

НОРМИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ НЮРБИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА)

А.Г. Дягилева

ФГНУ Институт прикладной экологии Севера, г. Якутск, nuta0687@rambler.ru

Возрастающее загрязнение окружающей среды промышленной деятельностью стало одной из важных экологических проблем современности. Поэтому, оценка степени загрязнения почв необходима для расширения и углубления исследований в рамках специализированного эколого-геохимического мониторинга с целью своевременной и объективной разработки рекомендаций по обеспечению экологической безопасности и снижению геохимического риска.

Район работ находится на левом берегу р. Марха, в междуречье р. Ханья и Накын, в 205 км северо-западнее г. Нюрбы, в 320 км северо-восточнее г. Мирного, административно входит в территорию Нюрбинского улуса Республики Саха (Якутия).

В качестве основных объектов исследования, оценки уровня химического загрязнения почв при открытой алмазодобычи, были выбраны мерзлотные почвы водораздельного пространства, представляющие территорию промышленной площадки Нюрбинского горно-обогатительного комбината (НГОК).

В образцах почв выявлены основные морфологические и физико-химические свойства, определены содержания водорастворимых форм микроэлементов методом атомно-абсорбционной спектрометрии на многоканальном газоанализаторе «МГА-915» в водных вытяжках. Так как концентрация металлов в водной вытяжке показывает степень подвижности элементов в почве, явля-

ясь самой опасной и «агрессивной» фракцией. Переход микроэлементов в подвижные формы являются одним из движущих факторов изменения физико-химических свойств почв. Аналитические работы проведены в лаборатории физико-химических методов анализа ФГНУ ИПЭС.

Оценка степени загрязнения мерзлотных почв НГОКа проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических исследованиях окружающей среды. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c), суммарный показатель загрязнения (Z_c). Нормирование степени загрязнения почв проводился по оценочной шкале (табл. 1).

Таблица 1. Ориентировочная оценочная шкала категории загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c).

Категория загрязнения почв	Величина Z_c	Характеристика загрязнения территории относительно ПДК
Допустимо загрязненное	≤ 16	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не превышает ПДК
Загрязненное	16–32	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателе вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю
Сильно загрязненное	32–128	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности
Катастрофически загрязненное	>128	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК по всем показателям

Для характеристики состояния почв определены водорастворимые формы следующих микроэлементов: Ni, Co, Zn, Mn, Cr, Cd, Pb, As. Из них накопление Ni, Mn и Co предопределено геохимической спецификой территории Накынского кимберлитового поля, а такие элементы, как Pb, и Zn на поверхности почво-грунтов промышленной площадки определяют аэротехногенное химическое загрязнение вследствие разноса мелкодисперсной фракции с отвалов грунтов и карьера кимберлитовых трубков.

На промышленной площадке Z_c -образующими элементами являются: Ni, Mn, Zn, Pb, Co. Суммарный показатель (Z_c) загрязнения почв промышленной площадки в основном варьирует в пределах от 1.5 до 18.59, относится к категории загрязнения почв – допустимо загрязненное, в котором содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателе вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю (рис. 1).

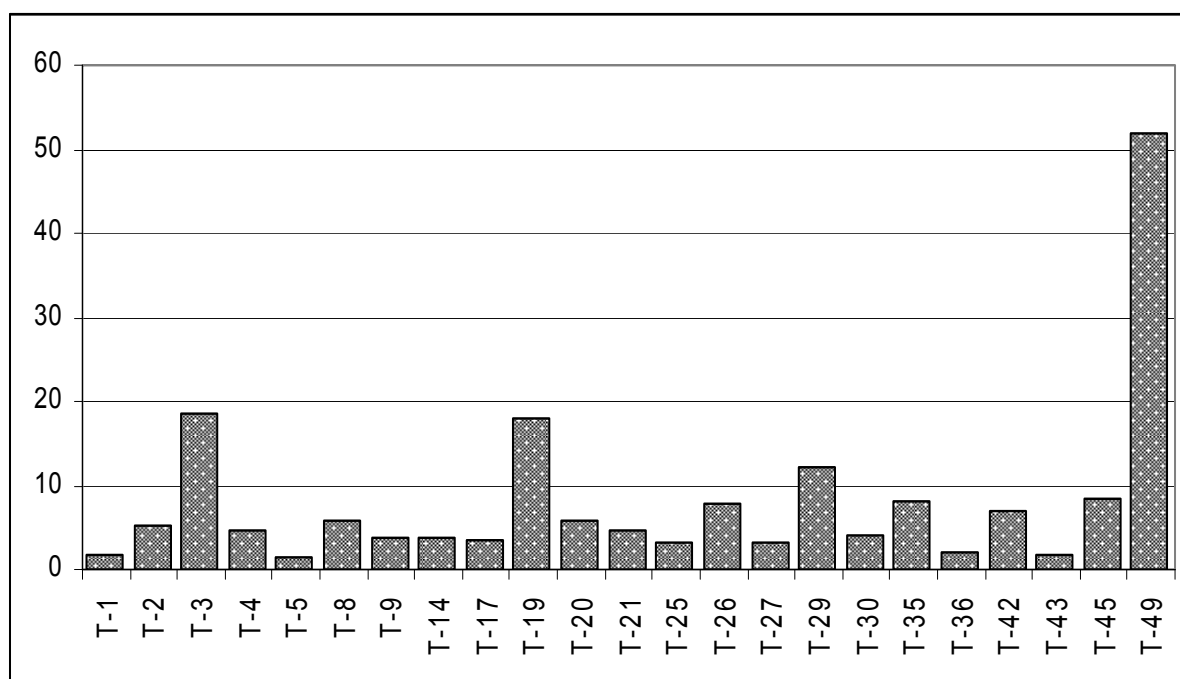


Рисунок 1. Суммарный показатель загрязнения почв промышленной площадки.

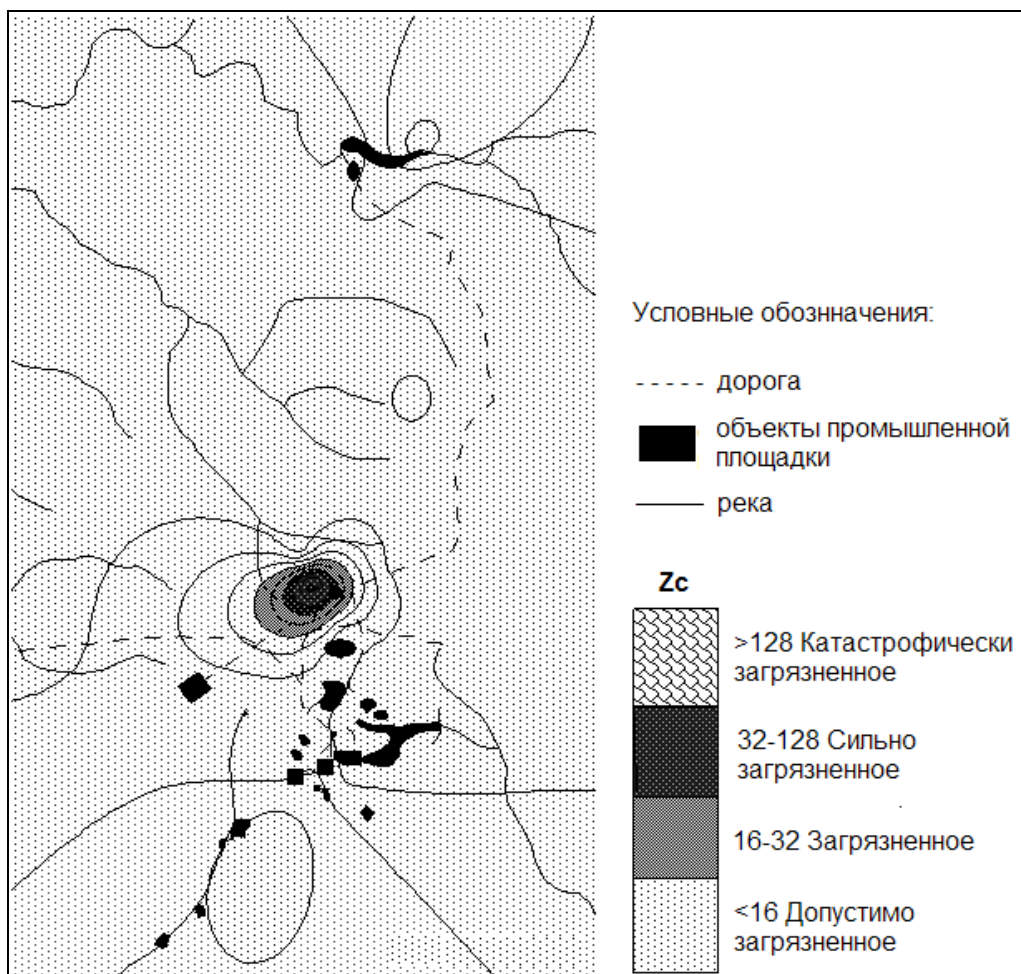


Рисунок 2. Пространственное распределение суммарного показателя загрязнения (Z_c) почв промышленной площадки НГОКа.

Однако в точке опробования расположенной на расстоянии 100 м от отвала пустых пород в пределах промышленной площадки выявлено высокое содержание Z_c -образующих элементов равное $Z_c = 51.89$, которое относится к категории загрязнения почв – сильно загрязненное, в котором содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности.

По результатам работы с помощью программы «Surfer» построена карта, показывающая пространственное распределение суммарного показателя загрязнения почв промышленной площадки НГОКа (рис. 2). На рисунке прослеживается район сильно загрязненных зон. Данный участок относится к месту расположения отвала пустых пород, загрязнение которой связано с аэральным расcевом тонко дисперсной пыли с отвалов, так и размывом грунтов атмосферными осадками.

Рассматривая содержание микроэлементов в изученных объектах, следует отметить, что в почвах промышленной площадки при ненарушенном почвенном профиле под воздействием техногенеза происходит изменение природных закономерностей в распределении микроэлементов. Объясняется это, прежде всего, разной миграционной способностью элементов, различиями геохимических условий разных типов почв и техногенным влиянием объектов инфраструктуры Нюрбинского ГОКа.

Результаты полиэлементного исследования загрязнения почв позволили установить пространственную структуру формирования геохимических аномалий. Большинство территорий со средним и высоким уровнем содержания тяжелых металлов приурочены к промышленным и селитебно-транспортным функциональным зонам, где длительный период воздействия человека на окружающую среду.

Таким образом, при нормировании степени загрязнения почв Нюрбинского горно-обогатительного комбината, выявлено, что 96 % почв промышленной площадки относятся к допустимо загрязненной категории загрязнения почв и 4 % к сильно загрязненной.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СЕВЕРО-ТАЕЖНЫХ ПОЧВ
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

А.Ю. Ежов

Московский педагогический государственный университет, arterizo@mail.ru

Почвенный покров планеты – уникальная природная система, обладающая рядом общих и специфических экологических функций. Представляя собой сложную эволюционирующую открытую систему живого и минерального вещества, занимая пограничное положение между литосферой и атмосферой, интенсивно взаимодействуя с гидросферой, почва тонко реагирует на всевозможные изменения условий среды, вызванные как природными, так и антропогенными воздействиями. Последние, не смотря на принимаемые меры по мониторингу и снижению негативных последствий техногенеза, представляют серьезную угрозу для развития и существования природной среды. Почвенный покров принимает на себя значительную часть веществ, имеющих техногенное происхождение, испытывая биологическую, физико-химическую, морфологическую и функциональную деградацию. Разнообразие почв, складывающееся при взаимодействии комплекса факторов, определяет их различие в способности выдерживать определенную степень техногенного воздействия. Таким образом, для различных почв характерны разные уровни сенсорности, устойчивости и буферности по отношению к потокам загрязняющих веществ (Глазовская, 1997). Почвенный покров таежной и тундровой природных зон, обладая высокой чувствительностью и низкой буферностью к техногенным воздействиям, испытывает в последние полвека интенсивную антропогенную эмиссию загрязняющих веществ, основу которой слагают промышленные предприятия цветной и черной металлургии, нефте- и газодобычи и др.

Почвы, формирующиеся в условиях северо-таежных и лесотундровых ландшафтов Кольского полуострова, имеют ряд особенностей. Формируясь на свежих четвертичных отложениях преимущественно ледникового и водно-ледникового происхождения, а так же на грубообломочном элювии-коллювии коренных пород, почвенный покров имеет легкий механический состав и малую профильную мощность. Несмотря на это, генетический профиль автоморфных почв региона хорошо дифференцирован на горизонты. Наиболее четко по морфологическим и физико-химическим свойствам дифференцирована толща подзолов. Занимая вершины и пологие склоны небольших возвышенностей, Al-Fe-гумусовые подзолы имеют профиль, включающие горизонты: A₀–(A₁)–A₂–B_{FN}–BC–C.

Меньшей дифференциацией и, одновременно, большей мощностью отличается комплекс органогенных почв, представленный разнообразными торфяно-болотными типами. Мощность торфяной толщи верховых болот достигает 1.5 м, в среднем составляет 0.5 м. Болотные почвы приурочены к подножиям склонов, межгорным пространствам, равнинным приречным участкам и формируются в значительной степени на тяжелых суглинках и глинах морского происхождения.

Вершины крупных возвышенностей (более 300 метров) заняты горно-тундровыми скелетными сильно щелочными почвами, формирующимися на элювии комплекса магматических и осадочно-метаморфических пород. Данные почвы отличаются малой мощностью почвенного профиля и слабой дифференциацией, что связано с сезонными явлениями промерзания, сопровождающимися криотурбуляционными процессами.

Рассматриваемая территория крайнего северо-запада Кольского полуострова находится под влиянием интенсивной промышленной нагрузки, основу которой слагают предприятия Кольской ГМК, расположенные в пгт. Никель и г. Заполярный. ГОК в Никеле выбрасывает в атмосферу до 44 000 т, а в г. Заполярном – более 60 000 т диоксида серы и азота, угарного газа и других загрязняющих веществ (данные КГМК за 2009 год). Кроме этого, в атмосферу выбрасывается более 300 т никеля и 500 т меди в год. Диоксид серы и азота вступает в химические реакции с компонентами атмосферного воздуха с образованием серной и азотной кислот, сульфатных соединений тяжелых металлов. Эти вещества вымываются вместе с атмосферными осадками и попадают на поверхность почвы, изменяя реакцию почвенного раствора с нейтральной и слабокислой на сильнокислую. Это приводит к мобилизации органо-минеральных комплексов, выщелачиванию питательных элементов из почвенного профиля и изменению биодоступности отдельных катионов. В сильнокислой среде активно мобилируются Al, Cd, Cu, Zn, Ba и другие металлы, повышенные концентрации которых оказывают на живые организмы сильное токсическое воздействие.

В ходе проведенных нами исследований в зоне влияния ГОК поселка Никель выявлены сильные нарушения природных ландшафтов. В северном, восточном и юго-восточном направлении от комбината на расстоянии до 5–6 км наблюдается значительная деградация почвенно-растительного покрова с образованием сплошных или разреженных техногенных пустошей (Евсеев, 2002). Из растительного покрова полностью выпадают лишайники, мелколиственные древесные породы имеют угнетенное состояние, а хвойные деревья полностью погибают. Нарушенный вид имеют болотные массивы, подверженные в отсутствие растительного покрова сильным криогенным пучениям, приводящим к перемешиванию торфяной массы.

В генетических горизонтах почв методом абсорбционной спектроскопии определялось содержание геохимически активных форм тяжелых металлов (Ni, Cu, Zn, Mn, Pb, Co), переходящих в кислотную вытяжку (1 л HCl). Кислоты экстрагируют из почвы катионы металлов входящие в водорастворимые и органоминеральные соединения, закрепленные в ППК и соединенные с коллоидными формами железа и алюминия. Данные соединения в наибольшей степени подвержены профильной и латеральной миграции, особенно в сильно кислых условиях среды.

В результате определения содержания геохимически активных форм тяжелых металлов в генетических горизонтах разных типов почв установлено, что почвенный покров рассматриваемой территории концентрирует значительные объемы этих химических элементов. Так, для подзолов характерно значительное накопление металлов в верхней, органогенной части профиля, где катионы закрепляются в гумусовых соединениях преимущественно фульватной природы. На биологическом барьере закрепляются в основном кислоторастворимые формы тяжелых металлов. Количество кислоторастворимых Cu и Ni в непосредственной близости от комбината в верхней органогенной части достигает 2000–2500 и 3500–4000 мг/кг соответственно. Содержание кислоторастворимого Pb в подстилке достигает 50–300 мг/кг. На расстоянии 10 км в южном и юго-восточном направлениях количество геохимически активных форм Cu и Ni снижается до 150–200 мг/кг и до 90–120 мг/кг соответственно, Pb – до 10–30 мг/кг. В месте с тем, при движении вглубь профиля подзола наблюдается резкое снижение как геохимически активных форм металлов, так и их валовое содержание. При этом величина концентрации металлов в подзолистом и иллювиальном горизонтах практически не зависит от расстояния между пробной площадкой и ГОК пос. Никель. Так, в горизонте A₂ подзола, расположенного в 1 км от комбината, содержание для всех исследованных тяжелых металлов превышает фоновое в 1.2–1.5 раза, тогда как для подстилки это соотношение для Ni, Cu, Pb и Co составляет 10–20 раз. Сравнимые соотношения между фоновыми и техногенными участками характерны и для иллювиальных горизонтов подзолов.

Таким образом, установлено, что почвенный покров элювиальных и трансэлювиальных позиций ландшафтов, принимая вследствие техногенной полиметаллической эмиссии большое количество тяжелых металлов, концентрирует их на биологическом барьере в лесной подстилке и оторфованном гумусовом горизонте в виде соединений с гумусом. Также, тяжелые металлы входят в состав ППК, насыщенность которых для данных горизонтов максимальна (30–50 %), замещая катионы биофильных элементов (Ca, Mg, Na, K, Mn). Некоторая часть металлов, мигрирующая в профиле подзолов и подбуров, закрепляется на щелочном барьере, осаждаясь вместе с коллоидными формами железа и алюминия.

УДК 631.445.12: 631.432

ОЦЕНКА КАТЕГОРИЙ ВЛАЖНОСТИ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В ГОДЫ С ПОВЫШЕННЫМ И ПОНИЖЕННЫМ КОЛИЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Т.Т. Ефремова, С.П. Ефремов, А.Ф. Аврова, Н.В. Мелентьева

Учреждение Российской академии наук Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,
г. Красноярск, efr2@ksc.krasn.ru

Определяющими факторами формирования влагозапасов в осушенных торфяных почвах являются погодные условия и уровни стояния почвенно-грунтовых вод. В годы с небольшим количеством атмосферных осадков наблюдается значительное понижение зеркала болотных вод, что приводит к нежелательной переосушке (вследствие усиления процессов минерализации) поверхностного слоя торфяных залежей и ухудшение водообеспеченности древесных насаждений в пределах корнеобитаемой зоны. Поэтому изучение водного режима лесных торфяных почв различной степе-

ни осушения требует оценки избыточной, оптимальной и дефицитной влаги в годы с различной суммой годовых осадков.

Исследования выполнены на мезотрофном Еловочном болоте южнотаёжной подзоны Западной Сибири в пределах Томской области. Большая часть болота осушена сетью открытых каналов около 50 лет тому назад. В настоящее время оно занято сосновыми насаждениями естественного происхождения с небольшой примесью березы.

Почвенный покров, представленный торфяными почвами переходного типа, которые в пределах осушительной системы различаются, прежде всего, гидрологическим режимом. Гетерогенность водного режима определяется удаленностью почв от регулирующих осушителей. Изучались неосушенные, слабо осушенные, умеренно осушенные и переосушенные торфяные почвы.

Наблюдения за динамикой уровней почвенно-грунтовых вод (УГВ) и режимом влажности торфяных почв проводились в теплый период (июнь–сентябрь) 1996–1997 гг. По данным метеостанции г. Томска, расположенной в 38 км от объектов исследования, за вегетационный сезон среднемноголетняя сумма атмосферных осадков составляет 294 мм. В 1996 г. их выпало на 45 % больше, а в 1997 г. на 14 % меньше нормы. Годы наблюдений с повышенным и пониженным количеством осадков можно характеризовать как «влажный» и относительно «засушливый». По термическому режиму оба года близки к норме.

Специфика погодных условий обусловила в торфяных почвах разной степени осушения различный средневегетационный уровень почвенно-грунтовых вод. В неосушенных он составил 11 см во влажный год и 18 см – в засушливый, в слабо осушенных – 19 и 34 см соответственно, умеренно осушенных – 39 и 48, в переосушенных – 64 и 74 см. Динамика уровней почвенно-грунтовых вод приведена на рис. 1. Общей чертой сезонной изменчивости УГВ является высокое их стояние в начале лета, депрессия в июле–августе и осенний подъем.

Глубина залегания почвенно-грунтовых вод в значительной степени определяет величину объемной влажности торфяных почв. Наиболее тесная связь обсуждаемых показателей по типу линейной функции выявлена в горизонтах 5–10 и 10–20 см ($R_2 = 0.86–0.87$, $F = 455–514$, $p < 0.00$). Влагосодержание слоя 0–5 см определяется влиянием УГВ на 70 ($F = 171$, $p < 0.00$), горизонта 20–30 см – на 65 % ($F = 140$, $p < 0.00$).

Основное внимание при рассмотрении почвенной влажности уделялось верхним 20 см, так как в болотных сосняках основная масса корней (не менее 90 %) концентрируется именно в этом слое [1]. В зависимости от гидрологических особенностей года и степени осушенности торфяных почв выявлена широкая амплитуда варьирования запасов влаги: от состояния полного насыщения (98 %) до уровня недоступной (15 %). Границы доступной (оптимальной) влаги в лесных торфяных почвах приняты в пределах 40–80 % от полной влагоёмкости или объемной влажности, значения которых близки [2–6]. В этом диапазоне создаётся наиболее благоприятное соотношение между водоснабжением и аэрацией почвы. Влагосодержание > 80 % называют избыточной. Влажность низинных и переходных торфов < 40 % считается дефицитной, < 20 % – недоступной.

С помощью модуля частотного анализа в программе STATISTICA 6 определили, каким образом различные по степени доступности категории влажности распределены в статистической совокупности данных за период наблюдений (рис. 2).

Установлено, что в неосушенных почвах оптимальная для роста древесных растений влажность наблюдается практически весь период вегетации лишь в слое 0–5 см. В засушливые годы влагообеспеченность подобного уровня распространяется на глубину до 10 см. При слабом осушении оптимальная влажность обнаруживается уже по всей толще современных почв (0–30 см). Её продолжительность, тесно связанная с глубиной залегания горизонта, составляет в многоводный год 27–82 % периода вегетации, в засушливый – 50–88 %, при этом слой 0–5 см может испытывать и некоторый дефицит влаги. Однако основные отклонения от оптимального увлажнения, как в неосушенных, так и слабо осушенных почвах наблюдаются в сторону избыточного увлажнения.

В почвах умеренно осушенных и особенно переосушенных, напротив, продолжительность оптимального водного режима ограничивается в основном дефицитом влаги. В водный год вся толща умеренно осушенной почвы большую часть вегетационного периода характеризуется оптимальным увлажнением. В засушливый год в слое 0–10 см, насыщенном физиологически важными сосущими корнями, практически весь летний сезон наблюдается недостаток влаги, продолжительность которого в нижележащих слоях резко сокращается. Переосушенные почвы даже в водный год на протяжении половины теплого периода испытывают недостаток влаги в корнена-

сыщенном слое 0–20 см. В засушливый год дефицит увлажнения распространяется практически на все время вегетации, на фоне которого достаточно длительно (38–50 % летнего периода) фиксируются даже недоступные, мёртвые запасы влаги.

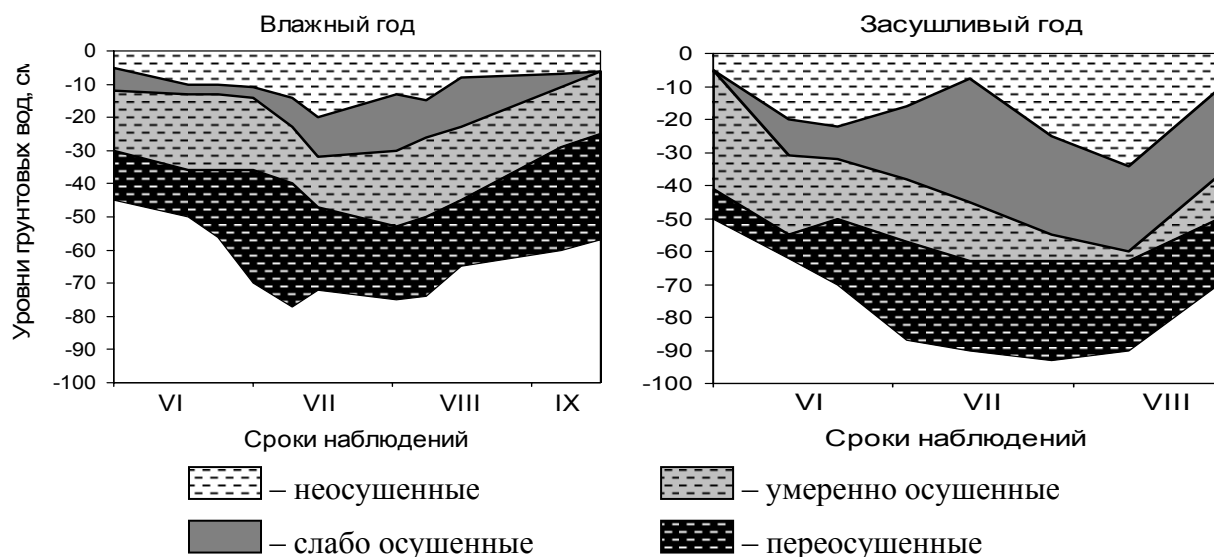


Рисунок 1. Динамика уровней почвенно-грунтовых вод на мезотрофном болоте естественного развития и осушенных с различной интенсивностью вариантах в зависимости от метеорологических условий.

Таким образом, впервые в южнотаёжной подзоне Западной Сибири для лесных осушенных торфяных почв переходного типа выявлена продолжительность оптимальной, избыточной, дефицитной влаги и её «мёртвых» запасов за тёплый период в условиях гидрологически влажного и относительно засушливого года. В годы с повышенным количеством атмосферных осадков корнесыщенный слой (0–20 см) слабо осушенных торфяных почв характеризуется в основном избыточной влажностью, умеренно осушенных – оптимальной, переосушенных – испытывает дефицит влаги приблизительно половину вегетационного периода. В засушливый год почвы соответственно оптимально увлажнены, имеют дефицит увлажнения и характеризуются «мёртвыми» запасами влаги большую часть теплого времени года.

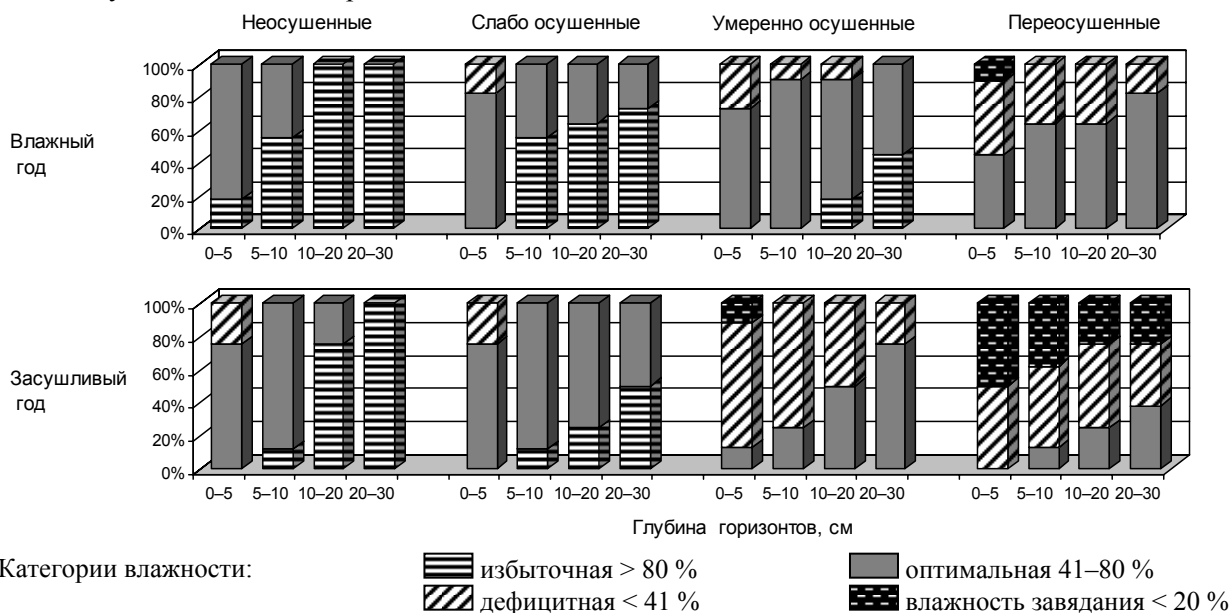


Рисунок 2. Относительная продолжительность периодов доступной и неблагоприятной объемной влажности лесных торфяных почв в годы с повышенным и пониженным количеством атмосферных осадков, % от количества дней за период июнь–сентябрь.

Приведённые выше материалы и наши исследования предшествующих лет позволяют заключить, что с биологических позиций нет необходимости в сильном понижении почвенно-грунтовых вод при лесосушении болот Западной Сибири. Для эффективного роста деревьев достаточно мелкими частыми каналами понизить средневегетационный уровень вод до 40 см, обеспечив необходимую аэрацию лишь верхнего коренасыщенного слоя 0–20 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефремов С.П., Ефремова Т.Т.* Влияние осушения на загруженность торфяной почвы корнями древесных и травянистых растений // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. С. 11–127.
2. *Вомперский С.Э., Сабо Е.А., Формин А.С.* Лесоосушительная мелиорация. М.: Изд-во Лесная пром-ость, 1975. 296 с.
3. *Залитис П.П.* Динамика почвенной влажности в осушенных лесах // Лесоведение. 1972. № 6. С. 47–54.
4. *Залитис П.П.* Основы рационального лесосушения в Латвийской ССР. Рига, 1983. 230 с.
5. *Пахучий В.В.* Водный режим в хвойных древостоях на староосушенных торфяниках. Л.: Наука, 1985. 72 с.
6. *Пятецкий Г.Е., Ионин И.В., Жарова Л.П.* Лесохозяйственное освоение осушенных болот. Петрозаводск: Изд-во «Карелия», 1976. 128 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН–УрО РАН № 49.

УДК 631.417.2

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С.Ю. Зорина, Л.Г. Соколова

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
agroeco@sifibr.irk.ru

В условиях техногенного загрязнения пахотных почв остро стоит проблема их деградации, в значительной степени обусловленная потерей органического вещества. Интенсивность негативных процессов определяется конкретными почвенно-климатическими условиями и характером загрязнения. На территории Байкальского региона, где сельскохозяйственные земли в основном приурочены к промышленно развитым районам, существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносят предприятия алюминиевой промышленности, в выбросах которых преобладают фториды в соединении с натрием. Действие их на трансформацию органического вещества пахотных почв, зависящую от состояния гумуса и активности почвенного микробного комплекса, изучено недостаточно. Вместе с тем, подобные исследования крайне необходимы для обоснования рационального использования загрязненных почв в земледелии. Задача исследования – выявить особенности трансформации органического вещества серых лесных пахотных почв в зависимости от уровня загрязнения фторидами.

Объект исследований – серые лесные среднесуглинистые пахотные почвы лесостепи Байкальского региона, загрязняемые фторидами алюминиевого производства (ИрКАЗ). Исследуемые почвы отличались содержанием водорастворимых фторидов – 15 и 60 мг/кг, что соответствует 1.5 и 6 ПДК. Высокий уровень загрязнения (55 ПДК) моделировали дополнительным внесением NaF (1000 мг F/кг) в загрязненную 6 ПДК почву. Исследования проводили в мелкоделяночных (1 м²) полевых опытах в звене севооборота пар-пшеница-пшеница. Почвенные образцы для анализа отбирали в конце вегетации. Фракционно-групповой состав гумуса определяли методом Пономаревой-Плотниковой. Скорость эмиссии CO₂ [1] и содержание углерода микробной биомассы [2] исследовали в режиме оперативного мониторинга (шаг 7–14 сут.) в течение вегетации в посевах яровой пшеницы и в пару. Баланс углерода в посевах рассчитывали по разности между поступлением его в почву с растительными остатками и микробным дыханием за год.

Негативные изменения физических и химических свойств почв с повышением уровня загрязнения усиливались. Уплотнение почвы, снижение пористости и коэффициента структурности происходило одновременно с подщелачиванием, развитием процессов осолонцевания и изменени-

ем состояния гумуса. Его содержание в почвах, независимо от уровня загрязнения, соответствовало уровню «низкое», тип гумуса был фульватно-гуматный, а степень гумификации «высокая» [3]. В то же время показатель оптической плотности оказался тем ниже, чем выше уровень загрязнения почвы, что характеризует снижение конденсированности гумусовых молекул и увеличение алифатических, легко минерализуемых структур. Изменения во фракционном составе гумуса были более выражены (табл. 1). Анализ относительного распределения углерода (% от суммы фракций ГК и ФК) показал, что с повышением уровня загрязнения наиболее подвижная фракция ГК-1 увеличивалась. В загрязненной 55 ПДК почве она составляла соответственно 15 против 4 % в слабозагрязненной почве. Содержание углерода в связанной с кальцием фракции ГК-2 уменьшалось (63 против 74 %). Влияние загрязнения на распределение углерода по фракциям ФК оказалось еще более существенным. Так, если в декальцинате слабозагрязненной почвы показатель составлял 8 %, то в загрязненной 55 ПДК почве достигал 33 %. Во фракции ФК-2 доля углерода, напротив, была вдвое ниже. Различия указывают на большую подвижность гумусовых веществ в сильнозагрязненных почвах.

Показателем направленности трансформации углерода в системе гумусовых веществ может служить отношение подвижных и малоподвижных фракций, условно характеризующих активный (Пг) и медленный (МПг) пулы. Расчет их величины проводили по формулам: $Пг = ГК_1 + ФК_{1a} + ФК_1$; $ГК_2 + ФК_2 + ГК_3 + ФК_3$ и $МПг = ГК_2 + ФК_2$; $ГК_1 + ГК_3 + ФК_{1a} + ФК_1 + ФК_3$. Как известно, формирование первого зависит от активности процессов минерализации, приводящей к дестабилизации системы, а второго от глубины гумификации, способствующей ее стабильному функционированию [4]. В слабозагрязненной почве малоподвижные фракции существенно преобладали над подвижными. С повышением уровня загрязнения отмечалось увеличение подвижных фракций. В целом во всех почвах, независимо от уровня загрязнения фторидами, формирование величины Пг было больше связано с фракциями $ФК_{(1a+1)}$ и $ФК_{(2+3)}$, а МПг с $ГК_2$ и $ГК_{(1+3)}$. Преобладание в слабозагрязненной почве углерода в составе МПг характеризует сравнительно стабильное состояние гумуса, тогда как снижение показателя в более загрязненных почвах указывает на его неустойчивость. О нарушении стабильности в системе гумусовых веществ по мере возрастания уровня загрязнения почв фторидами свидетельствует расширение соотношения между Пг:МПг, характеризующее сравнительно высокую долю подвижных фракций (активный пул), потенциально доступных минерализации. Так, если в слабозагрязненной почве показатель Пг:МПг был 0.1, то в загрязненной 6 и 55 ПДК почвах оказался в 3–4 раза выше.

Таблица 1. Групповой и фракционный состав гумуса серых лесных почв в зависимости от уровня загрязнения фторидами, % от общего

Почва, (F, ПДК)	Собщ., %	ГК				ФК					Гумин
		1	2	3	сумма	1a	1	2	3	сумма	
B (1.5)	1.22	1.2	24.2	7.3	32.7	1.8	0.5	11.8	7.3	21.4	47.2
D (6)	1.45	2.2	20.7	7.7	30.6	11.0	1.0	9.0	3.4	24.4	46.1
D+NaF (55)	1.28	5.2	21.3	7.2	33.7	9.2	1.1	8.6	9.4	28.3	42.6

Изменение гумусного состояния загрязненных почв оказывало влияние на процессы трансформации углерода в агроэкосистеме. Согласно среднесезонным данным, содержание углерода микробной биомассы (Смкр.) в посевах пшеницы, как и в пару, во всех почвах различалось мало (табл. 2). В то же время суммарная за вегетацию эмиссия $C-CO_2$ с повышением уровня загрязнения увеличивалась, особенно в пару. Надо полагать, в неблагоприятных условиях среды (нарушение водно-воздушного и кислотно-основного режимов и состояния гумуса) потребность почвенного микробного комплекса в субстрате повышается. Об этом свидетельствует усиление его удельной дыхательной активности (УДА), характеризующей затраты углерода на формирование единицы микробной биомассы ($C-CO_2/Смкр.$, мг/г ч) [5, 6]. Так, в пару, где основным источником потерь углерода является микробное дыхание, показатель УДА в более загрязненных почвах возрастал, достигая в сильнозагрязненной почве (55 ПДК) 1.28, против 0.74 мг/г ч в слабозагрязненной почве. Повышение газообразных потерь углерода из почв (% от $C_{орг.}$) было обусловлено, вероятно, также действием фторидов, которые способствовали разрушению органо-минеральных комплексов и доступности их к минерализации [7]. Доля микробной биомассы в расчете на единицу углерода (Смкр.: Сорг., %) рассматриваемая как его обновление, в загрязненных почвах, напротив, снижа-

лась. Компенсация потерь, связанных с эмиссией CO₂, за счет обновления органического вещества на более загрязненных почвах была меньше (36–38, против 47 % на слабозагрязненной), что указывает на снижение способности микробного сообщества поддерживать сбалансированность процессов минерализации-иммобилизации.

Таблица 2. Показатели трансформации углерода в течение вегетации (среднее за 10 лет)

Почва, (F ПДК)	C _{орг} , г/м ²	С микробной биомассы		Эмиссия С-СО ₂ , г/м ²	С-СО ₂ С _{микр} , мг/г ч	Потери С-СО ₂ , % от C _{орг}
		мг/100 г	% от Сорг.			
Посев пшеницы						
B (1.5)	3050	26	2.0	198	–	–
D (6)	3454	29	2.0	203	–	–
D+NaF (55)	3584	33	2.6	222	–	–
Пар после пшеницы						
B (1.5)	3050	25	2.0	130	0.74	4.2
D (6)	3454	24	1.7	156	0.99	4.5
D+NaF (55)	3584	22	1.7	170	1.28	4.7

Преобладание процессов минерализации над иммобилизацией на загрязненных почвах способствовало формированию высокодефицитного баланса углерода, особенно в пару. Дефицит его возрастал в ряду 1.5, 6 и 55 ПДК (соответственно –187, –207 и –216 г/м²). В посевах пшеницы возврат углерода в почву с растительными остатками, который на всех почвах различался незначительно (141–184 г/м²), не компенсировал его потери за счет микробного дыхания. Дефицит в балансе был меньше, но закономерность в зависимости от уровня загрязнения почв сохранялась (соответственно –20, –41, –81 г/м²).

Таким образом, трансформация органического вещества серых лесных пахотных почв под влиянием высоких уровней загрязнения фторидами направлена на повышение подвижности гумусовых веществ и их минерализацию за счет высокой потребности микробного комплекса в субстрате. Нарушение соотношения между деструкционными и продукционными процессами приводит к формированию высокого дефицита в балансе углерода и его газообразным потерям. Своевременная оценка состояния органического вещества почв, подвергающихся техногенному загрязнению, позволит разработать систему мероприятий по предупреждению и устранению негативных последствий, прежде всего связанных с повышением эмиссии CO₂ в атмосферу и деградацией гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С.* Регидратационный метод определения микробной биомассы в почве // Почвоведение. 1987. № 4. С. 64–71.
2. *Шарков И.Н.* Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // Агрохимия. 1986. № 2. С. 109–118.
3. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. №8. С. 918–26.
4. *Помазкина Л.В.* Трансформация азота в составе гумусовых веществ серой лесной почвы лесостепи Байкальского региона // Агрохимия. 2010. № 2. С. 5–13.
5. *Помазкина Л. В., Котова Л. Г., Лубнина Е. В., Зорина С. Ю., Лаврентьева А. С.* Устойчивость агроэкосистем к техногенному загрязнению фторидами. Иркутск: ИГ СО РАН, 2004. 225 с.
6. *Кремленкова Н.П., Гапонюк Э.И.* Изменение состава гумуса и ферментативной активности почв под влиянием фторида натрия // Почвоведение. 1984. № 11. С. 73–77.

УДК 631.41

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ МИКРОБИОТЫ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЛУГОВО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СТАВРОПОТСКОГО КРАЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ

И.З. Ибатуллина¹, А.С. Яковлев¹

¹119234, Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, ф-т Почвоведения, каф. Земельных ресурсов и
Оценки почв, inna.ibatullina@gmail.com

Современные темпы развития нефтепромышленного комплекса способствуют появлению новых нефтяных разливов в районах эксплуатации нефтяных скважин, представляющих большую опасность для окружающей природной среды. В нефтедобывающих районах проблема нефтяного загрязнения усугубляется сопутствующим засолением высокоминерализованными нефтепромысловыми водами, в состав которых входят также различные технологические реагенты, используемые при добыче нефти.

В настоящее время актуальными являются исследования биологических методов восстановления нефтезагрязненных засоленных почв, таких как солончаки, солонцы, лугово-каштановые солончаковатые и каштановые почвы. Вопросы деградации нефти в засоленных почвах Ставропольского Края являются малоизученными. Специфика нефтезагрязненных почв края не способствует их быстрому самоочищению: повышенная соленость почвенных растворов, высокие температуры воздуха и повышенное содержание парафинов в нефти приводят к формированию стрессовых условий для существования почвенной микробиоты.

Целью работы было сравнительное изучение действия биопрепаратов на деградацию нефти и микробиоту в нефтезагрязненных лугово-каштановых солончаковатых почвах.

В работе приведены результаты лабораторных исследований влияния биопрепаратов на качественную и количественную структуру микробиоты нефтезагрязненных засоленных почв разного возраста загрязнения. Показано, что внесение в почву всех исследуемых биопрепаратов приводит к увеличению численности и видового разнообразия микромицетов; рост данных показателей был более значительным при использовании грибных биопрепаратов по сравнению с бактериальными. Скорость деструкции нефти в ходе модельного эксперимента различалась при внесении в загрязненную почву различных биопрепаратов. Были выявлены закономерности влияния возраста нефтяного загрязнения и типа биопрепарата на изменение скорости деструкции нефти и структуру микробиоты исследуемых лугово-каштановых солончаковатых почв.

УДК 630*187

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГОРНО-ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Н.С. Иванова, Е.С. Золотова

Ботанический сад УрО РАН, i.n.s@bk.ru

На Урале, простирающемся с севера на юг более чем на 2000 км, около 30 % лесопокрытой площади занимают горные леса, которые на региональном уровне во многом определяют величину и распределение стока вод, а на локальном – формирование местных климатических и гидрологических характеристик. Быстрые темпы развития металлургической промышленности (начиная с 17-го века) на Среднем Урале обусловили интенсивную эксплуатацию лесного покрова. В рамках концепции устойчивого лесопользования, когда учитываются интересы будущих поколений в той же мере, в какой ныне живущих, остро актуально восстановление утраченных средообразующих и средозащитных свойств лесов. Для этого, прежде всего, необходима информация о природном потенциале растительности и почв на Урале. Взаимосвязь растительности и почв для района исследований изучалась В. П. Фирсовой, Г. К. Ржанниковой, Г. Г. Новгородовой и др. Данные работы выполнены для некоторых возрастных стадий отдельных типов леса. Последовательные типологические исследования взаимосвязи структуры и динамики растительности с физико-химическими характеристиками почв не проводились. Это является задачей наших исследований. Горные условия характеризуются многообразием природных ландшафтов, типов лесорастительных условий и соответственно повышенным разнообразием растительности и почвенного покрова. Для описания и систематизации этого разнообразия нами используются принципы генетической типологии (Ко-

лесников, 1956) и, разработанный для изучаемого региона, кадастр типов леса и лесорастительных условий (Колесников и др., 1974), методы лесной таксации и геоботаники.

Таблица 1. Лесорастительные условия, основные условно-коренные типы леса и особенности почв.

Режим увлажнения	Положение в рельефе	Тип леса, бонитет, шифр	Мощность почвенного профиля (в том числе аккумулятивных горизонтов), см; краткая характеристика почв
свежие, периодически сухие	вершины и верхние половины склонов возвышенностей	сосняк брусничниковый; II–III; С бр.	менее 30 (10); неполноразвитые буроземовидные горно-лесные примитивно-аккумулятивные хрящеватые легкие суглинки, с 15 см. встречаются крупные обломки породы
устойчиво свежие	вершины спокойных возвышенностей, пологие склоны, реже надпойменные террасы	сосняк ягодниковый; II–III; С яг.	30–40 (7); горно-лесные дерново-подзолистые, щебнистые рассыпчатые супеси
свежие, периодически влажные	придолинные склоны со щебнем горных пород	ельник-сосняк зеленомошниково-ягодниковый; III; Е-С зл. яг.	50–60 (8); дерново-подзолистые щебнистые суглинистые почвы
	средние и нижние части пологих склонов	сосняк орляковый; II–III; С орл.	70–80 (10); дерново-подзолистые двучленные почвы (супесчаные на суглинистых породах)
	невысокие водораздельные возвышенности, реже нижние части склонов к небольшим логам	сосняк травяно-липняковый; II; С тр. лп.	50–60 (10); дерново-слабоподзолистые щебнистые на суглинистом элювии-делювии горных пород
	ровные слегка приподнятые участки водоразделов, пологие склоны	сосняк разнотравный; II–III; С ртр.	90 (8); суглинистые дерново-подзолистые на суглинистом элювии-делювии горных пород
влажные, периодически сырые	слегка приподнятые участки ровных водоразделов и депрессий	сосняк с темнохвойным ярусом мшисто-черничниковый; II–III; С-Тх мш. чер.	60 (9); дерново-подзолистые супесчаные, слабооглеенные, на водоупоре из плотных пород
	дренированные нижние части придолинных склонов, невысокие плоские межболотные гривы	ельник травяно-зеленомошниковый, II–III; Е тр. зм	120 (9); дерново-подзолистые тяжелые почвы с признаками оглеения
	дренированные шлейфы придолинных склонов	сосняк-ельник разнотравно-высокотравный, III; С-Е втр.	170 (10); супесчаные дерново-подзолистые на суглинистом элювии-делювии горных пород
устойчиво-сырые	плоские гривы среди болот и слабо дренированных междуречий, окраины болотных массивов	ельник-кедровник хвощево-мшистый, III–IV	более 100 (20); торфяно-глеевые тяжелосуглинистые
	бессточные котловины и межувальные западины	сосняк кустарничкового-сфагновый, V–Vб; С кс. сф.	Более 100 (15); поверхностно-заболоченные торфянисто-глеевые

Исследования проводились в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции (Колесников и др., 1974) на территории планируемого историко-природного парка «Истоки реки Исети» (57°00′–57°05′ с.ш. и 60°15′–60°25′ в.д.). Район изучения – расчлененное предгорье, образованное чередованием меридиональных возвышенностей и гряд с широкими межгорными

вытянутыми понижениями. Абсолютные высоты 200–500 м над ур. м. (Колесников и др., 1974). В топоэкологическом профиле (от сухих верхних частей крутых склонов до заболоченных бессточных котловин) нами изучено 11 основных условно-коренных типов леса (табл. 1). Старовозрастные условно-коренные леса сохранились в данном регионе на крайне незначительной площади и находятся под угрозой полного уничтожения. В связи с этим их изучение особенно актуально. Нами проведены комплексные лесогеоботанические исследования. Выполнены таксация древостоя, учет подроста древесных растений, общие геоботанические описания, определено проективное покрытие и продуктивность видов травяно-кустарничкового яруса (табл. 2), заложены почвенные разрезы, описана морфология (названия даны в соответствии с Б. П. Колесниковым и др. (1974) и В. П. Фирсовой (1977) (табл. 1), взяты образцы для определения основных физико-химических характеристик почв.

Таблица 2. Характеристика на стадиях спелости условно-коренных типов леса.

Древостой	Травяно-кустарничковый ярус			Моховой ярус	Диагностические виды
	Проективное покрытие, %	Средняя высота, см	Число видов на 1 м ²	Проективное покрытие, %	
Сосняк брусничниковый					
10С+Б, Л	20–40	20–30	4–9	3–10	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Antennaria dioica</i>
Сосняк ягодниковый					
10С+Б, Л	30–50	20–30	6–10	5–20	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Fragaria vesca</i>
Ельник-сосняк зеленомошничково-ягодниковый					
8С1Л1Б+Е	20–30	20–30	15–20	10–20	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Oxalis acetosella</i>
Сосняк орляковый					
10С+Б, Лп, Е	70–90	70–80	14–16	5–10	<i>Pteridium aquilium</i>
Сосняк травяно-липняковый					
7С1Л1Б1Лп+ Е, П	20–30	25–30	11–13	1–5	<i>Tilia cordata</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Lathyrus vernus</i>
Сосняк разнотравный					
10С+Б, Лп, Е	80–100	40–50	27–30	1–2	<i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Heracleum sibiricum</i>
Сосняк с темнохвойным ярусом мшисто-черничниковый					
10С+Б, Л	60–70	40–50	10–12	70–90	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Pleurozium schreberi</i>
Ельник травяно-зеленомошниковый					
6Е4Б	15–25	6–8	1–10	2–4	<i>Oxalis acetosella</i> , <i>Asarum europaeum</i>
Сосняк-ельник разнотравно-высокотравный					
5ЕЗС2Б+П, Ос	50–60	40–50	15–22	30–40	<i>Angelica sylvestris</i> , <i>Circaea alpina</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>
Ельник-кедровник хвощево-мшистый					
9Е1Б	50–60	55–65	10–15	60–70	<i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Sphagnum</i>
Сосняк кустарничкового-сфагновый					
10С+Б	30–50	30–50	3–5	50–60	<i>Sphagnum vaginatum</i> ., <i>Oxycoccus palustris</i>

В настоящее время идет дальнейшая работа по составлению детального кадастра условно-коренных и производных типов леса с количественными характеристиками всех ярусов растительности и почвенного покрова, который существенно дополнит имеющуюся информацию о типологической структуре лесов изучаемого региона (Колесников и др., 1974) и послужит надежной базой

для лесохозяйственных и природоохранных мероприятий. Эти исследования является первым этапом изучения антропогенной трансформации и восстановительно-возрастной динамики лесных экосистем на Среднем Урале, и обеспечивают эталоны для сравнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 261 с.
2. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.
3. Фирсова В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М.: Наука, 1977. 176 с.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект 09-П-4-1039), Целевой программы, выполняемой в содружестве УрО РАН и СО РАН (интеграционный проект 09-С-4-1011).

УДК 553.973

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ САПРОПЕЛЕЙ

Т.А. Иванова, Е.Д. Керечанина

Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, vgsha@mart.ru

Важным фактором в решении складывающихся эколого-агрогеохимических проблем может стать использование в сельском хозяйстве сапропеля, например, в качестве экранов, задерживающих остатки минеральных удобрений. Локальное внесение сапропеля в виде аккумулирующей прослойки помимо сорбции химических веществ, приводит к изменению микробиоценоза почвы, в результате чего уменьшается количество фототоксичных форм, накапливаются физиологически активные вещества, повышается коэффициент использования удобрений.

Дополнительное введение в почву органического вещества, приводит к ослаблению эффекта почвоутомления, снижению заболеваемости растений корневыми гнилями, поддержанию высокого уровня плодородия и стабильности почвы.

Результаты исследований показали, что происходит накопление доступного фосфора в среднем на 10–18 % от общего его содержания, причем обогащение наблюдалось для всей толщи почвы.

Источником пополнения водорастворимого фосфора, по-видимому, является дигидрофосфаты кальция и магния, образующиеся при взаимодействии сапропеля, в частности, фосфорсодержащих соединений.

Как показал анализ экспериментальных данных, вынос фосфора с оросительными водами на исследуемых вариантах был в среднем в 1.3 раза ниже, чем на контроле.

Установлено, что концентрация подвижного калия в среднем повысилась на 6–10 % от общего его содержания, причем обогащение также имело место по всему профилю почвы.

Использование сапропеля ведет к улучшению агрохимических свойств почвы и более экономному расходованию хлорида калия. При введении его в виде прослойки повышается поглощательная способность почвы, то есть способность удерживать водорастворимые и газообразные вещества. Благодаря этому уменьшаются потери водорастворимого калия, вымываемого в нижележащие почвенные горизонты. За весь период вегетации уровень загрязнения оросительных вод калием упал исключительно на всех вариантах с прослойкой, примерно на 30–60 % по отношению к контролю.

Повысилась доля кальция и магния в среднем на 7–35 % и на 4–19 % от общего содержания.

Процесс накопления кальция можно рассматривать как средство, способствующее закреплению в верхних слоях почвы гумуса, коллоидных частиц и сохранению их от вымывания в нижележащие горизонты. За весь период вегетации минимальный вынос кальция и магния зафиксирован на всех вариантах с сапропелевой прослойкой. В среднем он оказался ниже на 40–70 % и на 30–40 % по отношению к контролю.

Подавление нитрификации под влиянием микроэлементов сапропеля приводило к блокированию процессов окисления аммонийного азота, изменению соотношения NH_4^+ и NO_3^- , что приводило к конверсии в почве аммонийного азота. Как показали исследования, за весь период вегетации уровень загрязнения оросительных вод азотом в аммонийной форме упал исключительно на

всех вариантах с прослойкой примерно в 2.0–2.7 раза по сравнению с контролем, тем не менее, на исследуемых вариантах отмечено повышение концентрации нитратного азота.

Резюмируя изложенные выше результаты, следует заключить, что рациональное использование сапропеля в земледелии позволит резко повысить эффективность сельскохозяйственного производства, обеспечить его природоохранный характер и стабильность. Характер стоящих в этой связи задач требует расширенного и углубленного изучения целого ряда фундаментальных вопросов, а также создания моделей и разработки нормативов как основ агротехнологий и систем земледелия.

УДК 631.41:631.453

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИЯХ БУРОВЫХ ПЛОЩАДОК В СРЕДНЕЙ СИБИРИ

С.А.Иноземцев¹, Рябцев И.С.¹, А.А. Ямских²

¹Агентство экологического консалтинга и природоохранного проектирования «ЗАО
«ЭКОПРОЕКТ», Санкт-Петербург, microsoil@yandex.ru

²ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», YamskikhAA@kr-nipineft.ru

В результате многолетнего мониторинга участков нефтедобычи получены данные, которые характеризуют состояние почвенного покрова и растительности на буровых площадках, а также на фоновых территориях. Эти данные позволяют оценить современный уровень трансформации почв и растительности при обустройстве нефтяных месторождений и особенности процессов самовосстановления почв и растительности после завершения строительной деятельности. На площадках буровых скважин техническая деятельность была прекращена в разное время от 1980-го и до 2000-х годов. После окончания бурения был выполнен технический этап рекультивации, а биологический этап рекультивации был проведен только на единичных площадках. Это дает возможность построить ряд стадий самовосстановления почв и растительности, от максимально трансформированных и до наиболее близких к фоновым.

Мониторинговыми исследованиями охвачены участки разведки и добычи нефти на территории водораздела рек Ангара и Подкаменная Тунгуска, между 96° в.д. и 103° в.д. Фоновый почвенный покров на данной территории существенно меняется с запада на восток, что связано с изменением состава почвообразующих пород и геоморфологического строения территории. На западе, основу почвенного покрова на водораздельных поверхностях составляют буроземы остаточно-карбонатные и оподзоленные, буроземы грубогумусированные остаточно-карбонатные, криометаморфические грубогумусированные почвы, подбуры иллювиально-железистые. В гидроморфных позициях рельефа развиты торфяно-глееземы, торфяные олиготрофные и дерновые глеевые почвы. На востоке территории, почвенный покров представлен подбурами грубогумусированными и иллювиально-железистыми, в меньшей степени развиты подзолы, которые приурочены к песчаным кварцевым породам и их делювиям. Склоны долин и плоские водораздельные поверхности заняты буроземами грубогумусовыми в различной степени оглееными, криоземами и торфяно-криоземами, торфяно-глееземами, торфяными олиготрофными почвами. На юго-востоке территории широко распространены подзолистые почвы, а также подзолы иллювиально-железистые и подбуры иллювиально-железистые.

Среди геохимических особенностей почв данной территории отмечается высокое (выше установленного ПДК) валовое содержание мышьяка. Оно варьирует в очень широких пределах от следовых количеств до 5.2 мг/кг. Повышенные концентрации не связаны с техногенным воздействием, являясь особенностью состава почвообразующих пород.

Фоновый растительный покров представляет собой сложное сочетание темнохвойных и светлохвойных лесов с болотной и болотно-кустарниковой растительностью. Основными лесобразующими породами района исследований является лиственница сибирская (*Larix sibirica*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), а также темнохвойные породы – ель сибирская (*Picea obovata*), пихта (*Abies sibirica*), кедр (*Pinus sibirica*). Природные условия благоприятствуют произрастанию здесь темнохвойных пород, но этому препятствуют частые пожары. При сгорании темнохвойных лесов восстановление древостоя идет с большим участием мелколиственных пород, таких как береза (*Betula pendula*, *Betula alba*) и осина (*Populus tremula*).

На всех буровых площадках наблюдается мозаичность и неравномерность растительного покрова. Полученные данные показывают, что стадии самовосстановления растительности могут сильно различаться на краях буровой площадки и около устья скважины. На краях площадки самовосстановление растительности ускоряется за счет близкого расположения источника семян и зачатков. Процесс самовосстановления растительности на буровых площадках начинается с рудеральной стадии. Появление несомкнутых растительных группировок возможно уже на 1–2 годы после прекращения воздействия. Образование первичных растительных группировок идет за счет видов растений открытых местообитаний. Ценозообразователями, на данной стадии, являются такие виды, как *Agrostis tenues*, *Calamagrostis arundinacea*, *Equisetum sylvestris*, *Chamerion angustifolium*. Сомкнутое травянистое растительное сообщество возникает через 4–6 лет, а через 5–7 лет, в зависимости от местообитания, появляются единичные особи подроста пионерных древесных пород (береза, осина, сосна и лиственница) и кустарников (жимолость алтайская, спирея средняя, можжевельник обыкновенный). Следующая стадия самовосстановления наблюдается через 12–15 лет. Она представлена сочетанием растительных сообществ мертвопокровных куртин высокого подроста пионерных древесных пород перемежающихся с злаково-разнотравными лугоподобными сообществами (*Calamagrostis arundinacea*, *Elytrigia repens*, *Poa pratensis*, *Lathyrus humilis*, *Vicia cracca*). На 15–20 годы под пологом пионерных видов появляется подрост темнохвойных пород (ели сибирской, сосны сибирской, пихты). Через 20–30 лет, на территории площадки формируется мелколиственное растительное сообщество из березы и осины с незначительным количеством подроста лиственницы, ели, пихты и кедра.

На фоне закономерного поступательного самовосстановления растительности, стадии самовосстановления почвенного покрова выглядят более однообразно. На буровой площадке состав почвенного покрова зависит от типа исходных почв, интенсивности техногенной трансформации, присутствия разливов бурового раствора, длительности стадии самовосстановления. Почвы, имеющие максимальный уровень техногенной трансформации, наблюдаются на участках современной хозяйственной деятельности, и определены как литостраты глинистые. Для этих почв характерны многочисленные техногенные включения, отсутствие органогенного горизонта, щелочные значения pH. На рекультивированных буровых площадках выделяются две стадии самовосстановления. На первой стадии, почвы представлены исключительно дерновыми остаточнокarbonатными (на западе территории) или дерновыми (на востоке территории). Для них характерно развитие маломощных серогумусовых или перегнойных горизонтов и полное отсутствие срединных горизонтов. В дерновых почвах может сохраняться хорошо выраженный прослой бурового раствора. На территориях наиболее старых буровых площадок формируется мощный торфянистоподстилочный горизонт, а на наиболее продвинутой стадии самовосстановления, кроме органогенного горизонта развивается и структурно-метаморфический горизонт.

Среди химических показателей загрязненности почвенного покрова на буровых площадках, наиболее информативны валовое содержание свинца, содержание нефтепродуктов, содержанию в водной вытяжке сульфатов и натрия. Фоновая валовая концентрация свинца изменяются от 5.8 мг/кг на востоке территории до 7.6 мг/кг на западе. В почвах большинства буровых площадок содержание свинца ниже фонового уровня, но в отдельных случаях может превышать фоновые концентрации в 2–3 раза. Содержание нефтепродуктов в фоновых почвах варьирует в пределах от 121 до 296 мг/кг. В почвах большинства буровых площадок содержание нефтепродуктов приближается к фоновым значениям. При этом наблюдается некоторое увеличение концентрации нефтепродуктов в средней части профиля почвы (в отдельных случаях в 1.6 раза). Скорее всего, эта тенденция связана с сохранностью в средней части профиля почвы тяжелых фракций нефтяных углеводородов, очень медленно разрушающихся со временем. На отдельных рекультивированных буровых площадках содержание нефтепродуктов может превышать фоновое, при этом коэффициент концентрации варьирует от 1.8 до 8.5. Высокие остаточные концентрации нефтепродуктов мало связаны со стадией самовосстановления и зависят, прежде всего, от начального уровня загрязнения почвы, а также сохранности в профиле почвы бурового раствора. Сходным образом ведет себя содержание сульфатов и натрия. Их повышенные концентрации связаны, прежде всего, с остаточным содержанием в профиле бурового раствора.

Таким образом, полученные результаты позволяют выделить шесть стадий самовосстановления растительного сообщества. Процесс самовосстановления почв происходит более однообразно. Отчетливо выделяются две стадии самовосстановления почв. На первой стадии формируются дер-

новые или дерновые остаточно-карбонатные почвы. В дальнейшем, восстановление почв идет в направлении увеличения мощности органогенного горизонта и восстановления структурного профиля с формированием структурно-метаморфического горизонта. Уровень химического загрязнения почв очень сильно зависит от начальной загрязненности и сохранности в профиле бурового раствора. В почвах большинства буровых площадок содержание загрязняющих веществ соответствует фоновым значениям, но на отдельных площадках выявляется высокое содержание нефтепродуктов, а также сульфатов и натрия.

УДК 502.5(25) (571.621)

К ВЫБОРУ ОСНОВНЫХ КРИТЕРИЕВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ
(НА ПРИМЕРЕ г.г. ХАБАРОВСКА И БИРОБИДЖАНА)

В.Б. Калманова¹, Л.А. Матюшкина²

¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан, Kalmanova@yandex.ru

²Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, lira@iver.as.khb.ru

До последних лет почвы городов Дальнего Востока (ДВ) специально не изучались. Считалось, что почв в городе не существует и нет необходимости уделять им внимание. В настоящее время это ошибочное мнение изменилось. Появился целый ряд работ, исследующих влияние урботехногенеза на способность почв участвовать в важных регуляционных процессах городских экосистем и обеспечивать произрастание на освоенных территориях древесно-кустарниковой, травянистой и декоративной растительности. Особое внимание уделяется оценке способности городских почв поглощать и удерживать разнообразные загрязняющие вещества, поступающие в почвенную толщу в твердом, растворенном и газообразном состоянии. Однако, почвы с разрушенным или переуплотненным профилем, загрязненные тяжелыми металлами, углеводородами и другими токсическими веществами, сами становятся источником загрязнения. Таким образом, как и другие природные компоненты, почвы могут способствовать формированию экологического благополучия или неблагополучия городской среды.

На протяжении ряда лет в Институте водных и экологических проблем ДВО РАН и Институте комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН проводятся исследования почв г.г. Хабаровска и Биробиджана с целью оценки состояния городского почвенного покрова и его экологического функционирования. Выбор этих городов обусловлен тем, что они являются административными и промышленными центрами ДВ с выраженной полифункциональной структурой. Сходные природные условия обоих городов объясняются расположением в пределах Среднеамурской низменности в хвойно-широколиственной зоне Приамурья. В обоих городах экологическая обстановка осложнена непродуманной урбанизацией. Однако, в отличие от Хабаровска и других городов южной части ДВ, Биробиджан обладает достаточным количеством зеленых насаждений (21 % от общей площади) и открытых пространств (60.8 %), в том числе, свободных зон (51 %), которые относятся к резервным территориям экологического планирования. Для Хабаровска и Биробиджана составлены карты почвенно-экологических условий, ведется мониторинг загрязнения приоритетными химическими элементами и нефтепродуктами.

Несмотря на различные подходы к изучению почв урбанизированных территорий, методологические и методические основы их экологической оценки еще только разрабатываются. Остается не решенной проблема выбора критериев и показателей оценки экологического состояния городских почв. Чаще всего ее связывают с одним критерием – загрязнением соединениями тяжелых металлов, органическими и другими токсическими веществами. Однако в связи с многокомпонентностью, а главное полифункциональностью почв, как природных, так и городских, этого недостаточно.

При разработке единой методологии и методики оценки важно опираться на системный, комплексный анализ городских условий, включающий единую систему экологических критериев и показателей. Исходя из этого, авторами настоящего сообщения была поставлена задача выбора и обоснования универсальных критериев и показателей экологического состояния почв, которые можно применить как для крупных, так и для средних и малых городов. Проблема учета природно-экологических условий и категории города должна решаться с помощью поправочных коэффициентов.

На основе предложений М.Н.Строгановой с соавторами (2003) для характеристики и оценки экологического состояния почвенного покрова урбанизированных территорий нами выбраны для Хабаровска и Биробиджана следующие основные и дополнительные (вспомогательные) диагностические показатели. Разнообразие количественных и качественных характеристик последних в значительной степени зависит от типа хозяйственного использования городских почв. Из большого количества существующих критериев и показателей были выбраны наиболее информативные (табл.). Часть из них является общепринятыми, а некоторые предлагаются впервые. Конечный результат оценки – определение уровня благоприятности экологического состояния почв городской территории.

Таблица. Некоторые критерии и показатели оценки экологического состояния почв урбанизированных территорий

Критерий	Показатели	
	Количественные (основные)	Качественные, полуколичественные (дополнительные)
Качество почвенного покрова (городской территории, отдельного городского района, однородного почвенного ареала или урбопочвенного комплекса)	Превышение ПДК, и фоновый уровень; СПК	pH; количество выбросов от стационарных и передвижных источников в расчете на 1 чел. и на 1 м ² ; соотношение площадей почв функциональных зон (%); техногенная преобразованность почв (в % от общей площади города); площадь запечатанных почв (в % от общей площади города); продолжительность вегетационного периода.

Рассмотрим кратко значение предлагаемых показателей. Превышение ПДК основных загрязняющих веществ – одна из главных причин отклонения почв от благоприятного уровня экологического состояния. В связи с отсутствием утвержденных значений ПДК ряда загрязняющих веществ для природных, а тем более преобразованных почв, для оценки уровня загрязнения почв используется сравнение с фоновым показателем, который характеризует состояние природных почв на эталонных участках города (не преобразованных, слабонарушенных). Так как очаги техногенного загрязнения почв, как правило, представляют собой избыточную концентрацию не одного, а целого комплекса химических элементов, химическое загрязнение почвенного покрова оценивали по суммарному показателю концентрации (СПК) вредных веществ различных классов опасности.

Учет таких показателей, как количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения и количество отходов характеризует общую экологическую ситуацию, в которой находятся городские почвы, а также величину приходящейся на них нагрузки.

В условиях урбанизированной среды, чаще всего происходит сдвиг реакции среды в щелочную сторону (влияние карбонатов кальция и магния, поступающих в виде известковой пыли и твердых строительных и бытовых отходов; воздействие солей и оксидов тяжелых металлов, содержащихся в промышленных и транспортных выбросах). Реакция среды почвенного раствора зависит не только от исходного природного типа городских почв, но в большей степени от характера их преобразованности, расположения в различных функциональных зонах города, особенностей техногенной миграции поллютантов, и, следовательно, значения pH почв урбанизированной территории используются как один из показателей их качества.

Для оценки качества почвенного покрова города в пространственном отношении предлагается использовать показатели, учитывающие степень и площадь антропогенного воздействия на преобразованные почвы. Такие показатели, как соотношение площадей почв функциональных зон и открытых (не застроенных) пространств городских территорий, позволяют составить представление о характере и интенсивности техногенной нагрузки на почвы и о состоянии степени их нарушения. Для городов России в целом характерно неблагоприятное соотношение площадей почв селитебных и промышленных зон по сравнению с промышленно развитыми странами. Этот показатель определяется характером планировки города и количеством населения. Например, площадь промышленной застройки в городах США, Англии и бывшей ГДР составляет 18, 16 и 25–30 м²/чел соответственно. Для городов России, например, для Тольятти – 110 м²/чел., для Хабаровска – 87.9 м²/чел., Биробиджана – 135.3 м²/чел.

Показатель техногенной преобразованности (нарушенности) почв является одним из основных признаков их деградации. Очень важно, чтобы в городе имелось определенное количество ненарушенных или слабо нарушенных почв, основное назначение которых – обеспечить оптимальные условия для произрастания и функционирования зеленых насаждений, формирования благоприятного микроклимата городских районов.

Очень важное значение имеет информация по показателям почв открытых (незастроенных) пространств городов. Наличие открытых пространств характеризует не столько существующее состояние городской территории, сколько возможное, перспективное. Открытые пространства города включают территории, покрытые зелеными насаждениями всех видов пользования, а также пустыри, свалки, выработанные карьеры, огороды и т.д., занятые природными, природно-антропогенными и антропогенно-преобразованными почвами. Количество свободного пространства в расчете на одного жителя города характеризует потенциальный ресурс для улучшения экологической ситуации в городе. При этом структура почвенного покрова свободных пространств во многом определяет их эколого-функциональную значимость. Городские свободные пространства имеют тем большую значимость, чем больше в них площадей ненарушенных или слабонарушенных почв с сохраненными экологическими функциями. В Хабаровске на одного жителя приходится около 150 м² свободного пространства (а в Биробиджане еще больше), что означает очень большой резерв для перспективного экологического планирования. Однако структура почв свободных пространств не изучена и в целом этот показатель требует разработки.

Особое влияние на состояние городской территории оказывает ее запечатанность. В связи с процессом урбанизации площадь запечатанной территории растет, в связи с чем нарушаются экологические функции почв. В некоторых городах запечатанность территории достигает 70–80 % от общей площади.

Мы не приводим такой важный показатель состояния городских почв, как состояние растительности, который является весьма чувствительным индикатором уровня антропогенной нагрузки на городскую среду, в том числе на почвы. Об экологическом неблагополучии могут свидетельствовать объем кроны, окрас листы, соотношение хлорофиллов и некрозов, наличие суховершинности, механических повреждений, а также продолжительность вегетационного периода. Все они в комплексе дают целостную картину состояния городской среды, растительности и, косвенно, почв.

Таким образом, выбранные показатели позволяют объективно оценить экологическое состояние почвенного покрова городской среды, степень его деградации при различных негативных воздействиях. Параметры показателей, должны выявляться на городских территориях постоянно на протяжении достаточно длительного времени с минимальным периодом не менее 3-х лет. Строго говоря, такие показатели как превышение ПДК и фонового уровня содержания химических элементов, СПК, рН, количество техногенных выбросов «работают» на геохимический критерий оценки экологического состояния почв. Остальные из приведенных выше определяют пространственно-площадной критерий этой оценки. Но анализ значений тех и других позволяет выявить отклонения от экологических норм и в итоге определить качество почвенного покрова городской территории. Большая часть предлагаемых показателей еще не разработана, что является дальнейшей задачей.

УДК 631.4:577.4

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Л.П. Капелькина

Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, С.-Петербург,
kapelkina@mail.ru

В проблеме нормирования загрязняющих веществ следует различать санитарно-гигиенические и экологические показатели. Если использование первых предусматривает охрану здоровья человека, то экологические нормативы преследуют цель обеспечения нормального функционирования экосистем.

В настоящее время для санитарно-гигиенической оценки почв используют предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) загрязняющих

веществ. Санитарно-гигиенические нормативы разработаны для пестицидов, мышьяка, тяжелых металлов, органических загрязнителей. Они устанавливаются исходя из требований безопасности жизнедеятельности населения. Степень загрязнения почв принято оценивать по кратности превышения ПДК, частоте встречаемости проб с превышением ПДК, классу опасности (токсичности) веществ. Санитарно-гигиенические показатели лишь частично отвечают своему назначению, так как ПДК для почв территориально не дифференцированы, они не учитывают типы почв, характер использования земель. ПДК, например, тяжелых металлов в почвах России одни и те же, как для сельскохозяйственных угодий, так и для промышленных зон городов. Это находит справедливую критику специалистов-исследователей.

Гигиеническое обоснование ПДК загрязняющих веществ в почве (см. «Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве» Минздрав, 1982), основывается на 4-х показателях вредности: переходе химических соединений в контактирующие с почвой среды в количествах, не превышающих ПДОК (предельно допустимое остаточное количество) для пищевых продуктов (транслокационный показатель), ПДК для воды водоемов и ПДК для атмосферного воздуха (миграционный водный и миграционный воздушный показатели), а также не влияющих на самоочищающую способность почвы и почвенный микробоценоз (общесанитарный показатель).

Низкая эффективность использования общегосударственной системы ПДК загрязняющих веществ в почвах различных регионов, отличающихся природно-климатическими условиями, естественным геохимическим фоном, устойчивостью ландшафта и почв, характером использования земель обуславливают необходимость разработки нормативной базы, основанной на принципиально иной – региональной основе и учете экологической емкости среды. Использовать санитарно-гигиенические показатели уместно прежде всего для оценки состояния почв сельскохозяйственных угодий, где ПДК и ОДК загрязняющих веществ в почвах должны гарантировать получение качественной растениеводческой продукции. Содержание тяжелых металлов, пестицидов и иных загрязняющих веществ в выращенной сельскохозяйственной продукции не должно превышать предельно допустимых значений, установленных Минздравом для пищевых продуктов. Не корректно пользоваться санитарно-гигиеническими показателями, если речь идет о нормировании содержания загрязняющих веществ в почвах лесных угодий, транспортных земель, отдаленных от населенных мест участков. Для таких территорий более приемлемы экологические нормативы.

Экологические нормативы рассматриваются нами как мера антропогенного воздействия, при которой сохраняются основные функционально-структурные характеристики экосистем: продуктивность, устойчивость, видовое разнообразие, и эти показатели не выходят за пределы естественных колебаний или имеют тенденцию к восстановлению. В лесных экосистемах экологическими нормативами содержания загрязняющих веществ в почвах должны быть максимально допустимые количества, которые не ограничивают возможность естественного возобновления лесной растительности и успешный рост лесных культур при искусственной посадке.

Экосистемы характеризуются исключительной сложностью и индивидуальностью. Поэтому столь важны непосредственные исследования в природе, натурные эксперименты и выяснение динамики природных процессов. При разработке и использовании экологических нормативов следует учитывать принцип неполноты информации, факторы неопределенности и риска. Принцип неполноты информации является важным критерием в ограничении использования метода аналогий в экологическом прогнозировании, так как аналогия не может быть полной из-за присущей каждой системе (биогеоценозу) индивидуальности. Поэтому установленный ГОСТом 30772–2001 термин «Экологический норматив» как «показатель, позволяющий свести комплексную экологическую ситуацию к одному или нескольким числовым значениям», на наш взгляд, не вполне корректен, поскольку комплексная экологическая ситуация не может быть сведена только к числовым значениям, а тем более к одному числовому значению.

Если, например, разлив нефти или горюче-смазочных материалов произошел на промплощадке предприятия, в зеленой зоне города, на территории сельского населенного пункта, у дороги в городской черте, здесь применимы санитарно-гигиенические требования и нормативы. А учитывая значительную плотность населения в городах и возможный контакт населения с загрязняющими веществами, например, вдыхание нефтяных углеводородов при испарении наиболее токсичных легких фракций нефти, такие участки, как правило, нуждаются в быстрейшем проведении мероприятий по сбору и вывозу загрязненного грунта на участки очистки или компостирования.

При разливе нефти на отдалённых участках контакт населения с загрязненным грунтом практически отсутствует, но экосистемы испытывают значительные нагрузки, происходит частичная или полная гибель биоценозов. На этих участках должны проводиться работы по локализации разлива, предотвращающие распространение нефти, сбору максимально возможного её количества, затем осуществляются рекультивационные (восстановительные) мероприятия, обеспечивающие остаточное содержание нефти в почвах на безопасном для экосистем уровне. Далее происходит дальнейшая деградация нефтепродуктов, природные процессы развиваются, приближая нарушенные экосистемы к исходным параметрам. Допустимое остаточное содержание нефти (ДОСН) в почвах разных типов (экологический норматив) может быть различным, но в любом случае принятые нормативы должны обеспечивать экологическую безопасность для природных объектов. При разработке ДОСН необходимо учитывать характер использования земель, экологическую обстановку в зоне разлива, прогноз возможного появления и развития негативных ситуаций.

Значительные площади нарушенных земель в районах разработки рудных месторождений содержат в поверхностном слое пород, вынесенных на дневную поверхность, повышенные концентрации тяжелых металлов. Такие почвогрунты могут использоваться под лесные посадки, в то время как выращивание сельскохозяйственных культур на этих почвогрунтах часто является нецелесообразным. Токсичность почв для растений следует оценивать по снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а токсичность выращенной продукции для человека – по превышению содержания загрязняющих веществ над утвержденными Минздравом значениями предельно допустимых концентраций для пищевых продуктов.

Необходимым условием при разработке экологических нормативов является учет региональных особенностей среды. Различные природно-климатические условия на территории страны, минералогический состав почвогрунтов, прочность связи и формы нахождения загрязняющих веществ и т.п. оказывают влияние на компоненты экосистем, возможность перехода загрязняющих веществ в сопредельные среды и территории, обуславливая сложность разработки нормативных показателей.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЧВ

Л.О. Карпачевский, Т.А. Зубкова

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, nshevyakova@yandex.ru

Оценку экологических функций почв можно проводить исходя из самых разных принципов. Можно оценивать непосредственное влияние почвы на условия ее существования. Можно выделить функции, влияющие только на живые организмы и даже еще уже – на растительные организмы. Учение об экологических функций позволяет варьировать как число экологических функций при их изучении, так и собственно направленность функций. Можно выделить три аспекта влияния использования почв в земледелии на их экологические функции.

1. Полное «исчезновение» может быть, точнее, нейтрализация, функции.
2. Изменение функции.
3. Сохранение без изменения.

Под исчезновением функции понимается необратимое прекращение проявления этой функции. Например, в естественных БГЦ почва, благодаря биоте, регулирует число «вредителей» растений и препятствует массовому их размножению. В условиях земледелия нарушается состав биоты и почва уже сама не может регулировать видовой состав. Его регулирует человек, используя разные химикаты и другие методы контроля. Почва в естественных БГЦ «направлена» на формирование наибольшего разнообразия живых организмов. В земледелии эту функцию сознательно ликвидируют, нейтрализуют и основная функция агропочвы – получение максимального урожая. В естественных экосистемах почвы определяют специфический для каждого местообитания растений химический состав почв. Применяя удобрения, стабилизаторы, ингибиторы мы получаем урожай с заданными для человека усредненными для данной с.х. культуры данным их состава, но чаще обогащенным нитратами и другими веществами, используемыми в процессе выращивания урожая. Изменяются функции влияния на другие геосферы. Так, усиливается поступление в грунтовые воды нитратов и других веществ, выделение оксидов азота и, других газов (особенно, при орошении)

в атмосферу. Изменяется почвообразующая порода (собираются камни, усиливается разрушение подстилающих известняков и других горных пород). При смене естественных БГЦ агроценозами заменяются естественные растения на сорные, и исходная фауна на специфические организмы, приспособившиеся к циклам сельскохозяйственных работ. Почва часто становится причиной эвтрофикации водоемов, что изменяет качество воды в данной части гидросферы. Изменяются и другие функции почвы, которые пока трудно оценивать. В частности меняются показатели водного и температурного режимов почв, следовательно, их гидрологический и термический профиль. Усиливается вынос субстрата из почв в результате эрозии, и при уборке урожая (корнеплоды обычно выносят из почвы до 3 т и более почвы с га). Изменение экологических функций также наблюдается для городских почв, садовых и дачных участков, плантаций, виноградников, садов. Очевидно, что тема экологические функции агропочв нуждается в отдельной проработке.

УДК 631.417 + 575.1 + 579.25 + 579.64 + 581.1

ГИПОТЕЗА ОБРАЗОВАНИЯ ГУМУСА НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ НУКЛЕОПРОТЕИНОВЫХ КИСЛОТ (ФРАГМЕНТОВ ДНК И РНК ФЛОРЫ И ФАУНЫ)

В.Н. Карпенко

Научно-производственная фирма ООО «Агроэжос», г. Санкт-Петербург, vkarpenko@mail.ru

«Как в любом научном исследовании, когда проблема ясно представлена, она уже наполовину решена» Э.Л. Татум. История одного биологического исследования, Нобелевская лекция, 1958 г. [Цит. по И. Гершкович, Генетика, М., «Наука», 1968, с.617.]

На сегодняшний день существует много гипотез образования гуминового вещества (*ГВ*) в природе. К ним можно отнести: 1) полимеризационно-конденсационную гипотезу образования; 2) окислительную гипотезу образования; 3) лигниново-окислительную теорию образования *ГВ* и другие.

На современном этапе феномен образования *ГВ* изучают следующим образом. Берётся природное тело – почва, торф, иногда пелоиды, выделяют *гуминовые кислоты (ГК)*. При этом выделяют *ГК* почти так же, как это делал ещё Ф. Ахард в 1786 году, с некоторыми методическими доработками – извлекают *ГК* 0.1 М растворами NaOH или KOH, и/или пирофосфатами этих щелочных элементов. Определяют в *ГК* элементный состав – С:Н:О иногда, еще анализируют N и P, и считают, что этого достаточно, для характеристики исследуемого объекта. Для определения *молекулярных масс (ММ) ГК* используют метод гель-фильтрации – распространенный метод в биохимии. Чаще всего не используют термин *гуминовая кислота*, а применяют термин – *Гуминовые кислоты*. Подразумевается, что их – *ГК* много. У разных авторов распределение *ММ* составляет следующие величины: у Орлова Д.С., (1977; 1993; 1997) от 20–30 до 100–150 а.е.м.; у Туева Н.А., (1989) от 520, 2100, 4900, 9200 до 27000; у Комиссарова И.Д., Логинова Л.Ф., (1993) *ММ* «первичного» фрагмента = 1000; у Комарова А.А., (2004) от 3000, 3000–10000, 20000–30000, 30000–40000, 40000–50000, до величин > 50000 а.е.м.

Этот методологический подход взят из аналитической химии. Берется образец исследуемого вещества, проводится элементный анализ (исходя из теории предполагаемого образования – С, Н, О, N). Физическими методами: спектроскопия; ИК-спектроскопия; ЯМР; ЯМР с Фурье анализ; N^1 -ЯМР; C^{13} -ЯМР; ЭПР; МС; хромато-МС характеризуют анализируемое вещество. ИК-спектры (характеризуют функциональные группы), МС-спектры (определяют массовые размеры ионов в градиенте магнитного поля), хромато-МС (газо-хроматографически выделяют отдельные зоны индивидуальных соединений и с помощью МС определяют массовые размеры ионов). На основе анализа этих данных выводят *ММ* веса и структурные формулы выделенных веществ. Предложены ряд структурных формул строения *ГК*. Наиболее известны формулы следующих авторов: В. Фукса, С.С. Драгунова, В.И. Касаточкина, Е.В. Раковского, Г. Фелбека, Ф. Фляйг, Д.С. Орлова, И.Д. Комиссарова и Л.Ф. Логинова, Мистерски и Логинова. Все формулы, как правило, имеют гипотетический характер. Такие работы продолжаются уже более 50 лет, причем с появлением новых методов анализа, большинство авторов возвращаются к задаче изучить строение *гуминовых кислот (ГК)*,

т.к. общепринято, что основой строения *Гуминовых веществ* являются *гуминовые кислоты*. «И что же у нас остаётся в осадке?», как шутят химики. А ничего. Слишком сложный объект *гуминовые кислоты (ГК)*. Почему так происходит, станет ясно из экспериментальной части материалов, изложенных в данной статье.

Два подхода к проблеме двух разных исследователей.

Упрощенная схема выделения гуминовых кислот

Точка зрения почвовед	Точка зрения биохимика
Берется почвенный образец, высушивается, пропускается через сито 1 мм.	Берется почвенный образец, высушивается, пропускается через сито 1 мм.
Отбираются неразложившиеся частички растительного материала.	Отбираются неразложившиеся частички растительного материала.
Приливают 0.1 М раствор КОН (рН=12), взбалтывают и сливают раствор	Приливают буферные смеси (рН=8–9.7), добавляют соли Na или K, детергенты, добавляют соли Na или K, или фенол.
Прибавляют в раствор 0.1 н H ₂ SO ₄ взбалтывают.	Прибавляют кислоту.
Что выделилось?	
Вывод – выделились гуминовые кислоты.	Вывод – выделилось ДНК и/или фрагменты РНК.

Выше перечисленные гипотезы образования *ГВ* не учитывают клеточное строение живых организмов. Напомним, что каждая клетка эукариот устроена одинаково. Внутри клетки находится ядро, в нуклеоплазме находится дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) с белками щелочной природы (гистонами). Ядро окружено двухслойной белковой ядерной мембраной. Далее в клетке находятся «внеядерные» клеточные органеллы: рибосомы, АГ, ЭПР, липосомы, вакуоль (в растительных организмах) и т.д. Все это окружает плазмалемма, а внешней оболочкой у клеток высших растений является клеточная стенка, состоящая из фибрилл целлюлозы, инкрустированной лигнином. Снаружи стебли и листья высших растений покрывает кутикула (кутин – состоящий из гидроксижирных к-т и воска – смесь алканов, жирных к-т и спиртов, а также их эфиров).

Клетки прокариот (чаще всего это микроорганизмы) не имеют сформированного ядра, поэтому они называются – прокариоты, но в центре клетки также находится ДНК, основной носитель генетической информации. Напомним, что ДНК очень устойчивое соединение в термодинамическом смысле. Приведём цитату, взятую из книги – Химическая энциклопедия (в V томах), М., Изд-во «Советская энциклопедия», Т. 1, с. 622: «Р-ры молекул ДНК устойчивы к давлению: они не претерпевают изменений даже при сжатии до 1.9 ГПа». Напомним, 1.9 ГПа ~ 19000 атм. То есть, при таком гигантском давлении равном 19 тысяч атмосфер молекула ДНК не разрушается.

Мы считаем, что в основе *Гуминовых веществ* в природе лежит **ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА (ДНК)**. А *гуминовые кислоты*, которые выделяют агрохимики и почвоведы, начиная с работ Ф. Ахарда, обрабатывая природные тела 0.1 М NaOH, это «загрязненные» фрагменты ДНК (возможно ГЦЦГ фрагменты тРНК). Сообщение об этом сделано в материалах Всероссийской молодежной конференции: Карпенко Е.В., Карпенко В.Н. Металлоорганические соединения и биогеохимический круговорот элементов: N, Fe, Mn и P. «Идеи и наследие А.Е. Фаворского в органической и металлоорганической химии XXI века» 23–26 марта 2010 г. Санкт-Петербург, СПбГУ, химический факультет, с. 193.

Необходимо отметить, что в методике выделения ДНК по Querry P. (1973), используется метод фенольной депротенизации. В нашем случае все происходит наоборот, фенольные соединения *адсорбируются* на белковой оболочке *ГНПК*.

В качестве объектов исследования использовались: 1) пыльца растений; 2) чернозём типичный, взятый на территории Государственного Центрально-Черноземного заповедника «Стрелецкая степь» в Курской области.

Выделение ДНК из пыльцы. Выделение ДНК из пыльцы соответствовало стандартным методам выделения её из растений, а двойная очистка ДНК позволила сделать вывод, что разработанным методом ДНК выделяется удовлетворительного качества. При выделении ДНК из пыльцы, навеска составляла 2.5 г. Это позволило визуализировать процесс выделения ДНК на каждой про-

цедуре, и соответственно, корректировать все операции на стадии разработки методики. При разгонке фракций растительного материала на колонке выявлено, что в водном растворе присутствует K^+ -ДНК, обладающая двойным лучепреломлением – фракция 1. Так как исходный объект – пыльца, отличается, значительным содержанием ДНК, то мелкие кристаллы K^+ -ДНК можно было наблюдать «невооруженным» глазом (наблюдалось множество фрагментов ДНК, но некоторые были до 6 см длины). Самый верхний водный раствор, содержащий K^+ -ДНК был прозрачным – фракция 1. Усредненный объем фракции был равен 54008 *мкл*. Ниже располагалась «глобулярная» фракция 2, имеющая «двойное» лучепреломление. Её объем составил 3768 *мкл*. Ещё ниже располагалась фракция 3 содержащая остатки оболочек пыльцы, её объем составил 3768 *мкл*. Фракция 4, которую мы условно назвали «воска» составила объем равный 6908 *мкл*. Самая нижняя фракция 5 содержала полифенольные соединения, и её объем составил 13 000 *мкл*. Была проведена вторая очистка фракции 1. После второй очистки провели определение чистоты ДНК в УФ-свете на спектрофотометре. Этим же методом определяли содержание ДНК в выделенной фракции. Общее содержание ДНК в 2.5 г пыльцы составляет 11890 ± 52.5 *мкг*, или в 100 г пыльцы содержится 0.476 г ДНК, т.е. $\sim 0.48\%$.

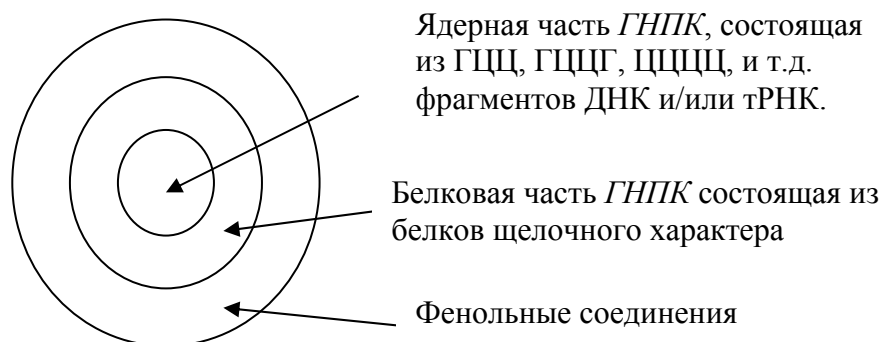


Рисунок. Предлагаемая схема строения Гуминовых нуклеопротеиновых кислот (ГНПК).

Выделение ДНК из типичного чернозёма. При выделении ДНК из почвы, наблюдалась следующая картина: самый верхний водный раствор, содержащий K^+ - ДНК был прозрачным и имел кирпично-коричневый цвет – фракция 1. Усредненный объем фракции был равен 56520 *мкл*. Ниже располагалась хлопьеобразная фракция 2, имеющая серо-коричневый цвет и её объем был равен 11178.4 *мкл*. Ещё ниже находилась снежно-белого цвета фракция 3, которую мы условно назвали «воска», и она занимала объем равный 4521.6 *мкл*. Ещё ниже находилась фракция 4, грязно-белого цвета, по аналогии с колонкой из пыльцы, вероятно, состоящей из белков и полифенолов. Последней, самой нижней, была фракция микрокристаллических минеральных частиц. Проведение второй очистки водной фракции содержащей ДНК, привело к некоторому осветлению фракции 1. Содержание ДНК, определенное спектрофотометрически составило 31.215 ± 0.001 *мкг/мл*, что в пересчете на навеску составило 17642.72 ± 0.565 *мкг/10 г абс. сух. почвы*, а в пересчете на 100 г абс. сух. почвы $\sim 0.176\%$.

В наших опытах мы выделяли ДНК из пыльцы растений и чернозёма, но по внешним признакам, образцы ДНК из чернозёма сильно напоминают Гуминовые кислоты в современной терминологии, принятой в агрохимии и почвоведении.

Все, кто работает с Гуминовыми кислотами (ГК), на самом деле работают с загрязненными «тотальными» ДНК (фрагментами ДНК флоры и фауны) и лучше ввести новый термин – ГУМИНОВЫЕ НУКЛЕОПРОТЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ[©], т.к. этот термин объясняет и процессы идущие в почве, и происхождение, и структуру ГК.

В заключение уместно привести слова Лидии Асёновны Христовой, сказанные в 1987 на Советско-итальянском симпозиуме в Москве: «Долг ученого чтобы Земля была чистой, а люди – сытыми». [Цит. по: А. И. Горовая, И. И. Ярчук. Значение работ Л. А. Христовой в науке о физиологически активных веществах гумусовой природы. В кн.: Гуминовые вещества в биосфере. М., «Наука», 1993, с. 6–16].

Выражаю благодарность Карпенко Р.Е., за финансирование и участие в работе; Карпенко С.В., за техническую поддержку; Ворсину К.Н., предоставившему почвенные образцы; Батову А.Ю. – к.б.н., с.н.с., каф. ФБР СПбГУ, за помощь в определении УФ-спектров и Комарову А.А., д.б.н., АФИ, за дискуссии и моральную поддержку.

УДК 631.4 (470.21)

ПОВЕДЕНИЕ 26 ЭЛЕМЕНТОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ЕВРОПЫ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ФОНОВЫХ И
КРИТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Г.М. Кашулина

Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Апатиты, alina.Kashulina@gmail.com

В условиях высокой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормирование вредных элементов в почвах является одной из самых актуальных современных задач. Детальный анализ поведения 26 элементов в процессе почвообразования на основе широкомасштабных исследований позволил сформулировать основные подходы для определения фоновых и критических уровней элементов в почвах. Для данной работы были использованы данные двух международных проектов по комплексному экогеохимическому картированию Западной части Кольского полуострова и соседней территории Финляндии и Норвегии (проект «Экогеохимия Кольского полуострова», Reimann et al., 1998) и северо-восточной части Европы (проект «Экогеохимия Баренц региона», Salminen et al., 2004). Почвенные образцы были проанализированы на 50 элементов (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, R, La, Li, Mg, Mn, Mo, N, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Si, Sr, Th, Ti, U, V, Y и Zn) с использованием XRF, ICP-MS и ACP-AES методов.

Как показали результаты исследований, N, P, S, Se, Mo, Zn, Ba, Sr, Ag, As, Bi, Cd, Hg, Pb и Sb в процессе подзолообразования в естественных условиях активно аккумулируются в верхнем органогенном горизонте O. В то же время горизонт O обедняется Na, K, Rb, Be, Mg, Ca, La, Y, Fe, Cr, V, Mn, Ni, Co, Sc, Cu, Zn.

Для верхней минеральной части профиля, включая горизонт ВНФ, характерно обеднение K, Rb, Ba, Ca, Mg, Sr, Y, La, Ni, Cu, Co, Mn и Cd. Хром и ванадий, а также As, P, Zn, Mo, Se и Sc демонстрируют четкий элювиально-иллювиальный характер распределения. Содержание S, Pb, Hg в минеральной части повторяет профильное распределение органического вещества. Для Ag и Bi в минеральной части характерен аккумулятивный тип распределения.

Региональный характер исследования позволил выявить, что интенсивность и даже направленность процесса дифференциации элементов в профиле подзолов в естественных условиях, обозначенных выше на основе медиан концентраций, не являются постоянной и зависят от многих факторов. Минеральные горизонты подзолов для большинства элементов сохраняют очень высокую связь с почвообразующим материалом, но она не является пропорциональной. Содержание Cu, Cd, Hg, Pb, Bi, Tl, As, Sb, Se, Zn, Mo, Sr, Ba, Rb в горизонте O регулируется активно и не имеет связи с почвообразующим материалом. Для Ni, Co, Ag, Cr, V, Y, Be, Th, La, Sc горизонт O сохраняет связь с почвообразующим материалом, но она также не является пропорциональной. Поэтому нормирование содержания элементов в почвах с использованием содержания элементов в почвообразующем материале не приемлемо для большинства элементов и может привести к ошибочным оценкам степени загрязнения почв.

Большая широтная протяженность обследованной территории позволила выявить широтную зависимость концентраций большого спектра элементов (Pb, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Mn, Mo, Rb, Sb, Tl, Zn) в горизонте O. Для этих элементов не может быть установлено единое фоновое значение. Эта величина является переменной в зависимости от географического положения точки.

Определение региональных критических уровней может быть рассчитано на основе основных статистических показателей распределения элементов в почве в фоновых условиях.

УДК. 631.4

ГИПСОНОСНЫЕ ПОЧВЫ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ
(НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ)

Н.Д. Киселева, О.Г. Лопатовская

ГОУ ВПО Иркутский государственный университет, nata_kis71@list.ru

В почвенном покрове Верхнего Приангарья особое место занимают уникальные гипсоносные почвы, сформированные на продуктах выветривания и переотложения кембрийских осадочных пород. Эти почвы формируются в условиях холмисто-равнинного рельефа, обусловленного, глав-

ным образом, водно-эрозионными процессами, создавшими расчленения поверхности многочисленными глубокими долинами и ложбинами. На почвообразовательные процессы оказывает влияние засушливый климат, специфической особенностью которого является малое количество осадков и преобладание испаряемости над поступлением влаги с осадками, и как следствие господствующий тип водного режима непромывной, сменяющийся в сухой сезон года выпотным. Дерново-карбонатные почвы приурочены к возвышенным частям рельефа и первым надпойменным речным террасам. Луговые гипсоносные почвы расположены на пониженных участках рельефа в долинах рек. Дерново-карбонатные и луговые гипсоносные почвы Верхнего Приангарья сформированы под лугово-овсяницевыми, селитряно-полынниковыми и ячменными формациями, т.е. растительность, развивающаяся на этих почвах, относится к степной.

К морфологическим особенностям относится большое содержание различных форм гипса, представленным как литогенным так и педогенным: гипсовый камень, шестоватый гипс, «гажа», гипсовые друзы. В зависимости от расположения почвы в рельефе гипсовые новообразования находятся в различных частях профиля. Наличие гипса определяет повышенную плотность почвенных горизонтов, слабую водопроницаемость, что обуславливает неблагоприятные водно-физические свойства в целом. Кроме того гипсоносные почвы Верхнего Приангарья имеют отличительную особенность – красноцветность, унаследованную от верхнекембрийских пород.

Характерным химическим свойством дерново-карбонатных и луговых гипсоносных почв Верхнего Приангарья является высокое содержание карбонатных солей в профиле, в наибольшем количестве представленными сульфатами кальция, тип засоления – сульфатно-кальциевый, степень засоления от слабозасоленных до средnezасоленных. Содержание солей по профилю увеличивается сверху вниз, достигая в низу 1.2–1.4 %. Содержание гипса в исследуемых почвах варьирует в широких пределах от 0.28 до 52 %. Реакция почвенного раствора щелочная по всему профилю, с максимальной величиной до 8.8. Исследуемые почвы можно отнести к малогумусным, поскольку содержание общего гумуса изменяется в пределах от 0.41 до 4.31 %.

Вышеперечисленные физико-химические особенности гипсоносных почв и положение на склонах затрудняют их вовлечение в активное сельскохозяйственное использование.

Почвы, имеющие в профиле гипс, классификационно различаются. Так, почвы, относящиеся ранее к дерново-карбонатным, по «новой» классификации относятся к элювиально-аккумулятивным слабосолонцеватым. В профиле содержатся многочисленные новообразования в виде шестоватого гипса, что не находит отражения в названии. Почва, ранее описанная, как луговая солончаковая, теперь называется аккумулятивная слабосолонцеватая. В верхней части профиля присутствует гипс в виде «гажи», что так же не указывается при названии почв по Классификации 2004 года.

Наличие гипса упоминается многими авторами, как в Восточной Сибири так и в других регионах. Тем не менее, в «новой» классификации гипс как диагностический признак не представлен. Красноцветные почвы Верхнего Приангарья имеют в своем составе гипс до 52 %, что может служить поводом для выделения особых гипсоносных почв. Поэтому вопрос классификации гипсоносных почв открыт и требует доработки применительно к региону.

УДК 631.4

УСТОЙЧИВОСТЬ СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ ВО ВРЕМЕНИ

Е.И. Ковалева¹, М.И. Дергачева²

¹АНО «Экотерра», Москва, katekov@mail.ru

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, mid555@yandex.ru

Одним из ограничивающих факторов развития интенсивного земледелия в степной зоне является засушливость климата. Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в районах с недостаточным увлажнением невозможно без применения орошения. Но орошение в то же время является фактором, нарушающим экологический статус степных почв и степных ландшафтов.

Практика показала, что дополнительное увлажнение почв без учета их региональных возможностей, применение необоснованных режимов орошения приводят к неблагоприятным изменениям почв и, как следствие, снижению их плодородия, а иногда и трансформации их в почвы,

непригодные для земледелия (Ковда, 1981, 1989; Розанов, 1990; Николаева и др., 1995; и др.). Реакция почв на орошение зависит не только от их свойств, но и от качества поливных вод, норм полива, длительности орошения, степени дренированности территории, температурных режимов, приемов обработки почв, выращиваемых культур и других факторов.

Для орошаемого земледелия большое значение имеет установление допустимых воздействий на почвенный покров, при котором изменение качества почв по сравнению с фоновыми территориями при орошении будут минимальными, и орошаемые почвы будут выполнять свои функции в полном объеме. Очень важным элементом в прогнозировании поведения орошаемых почв является оценка устойчивости гумуса почв во времени с учетом региональных природно-климатических особенностей и интенсивности антропогенной нагрузки, в том числе, качества и объема подаваемых на орошение вод, поскольку гумус является одним из факторов, обуславливающих, с одной стороны, устойчивость, с другой, плодородие почв.

Изучены почвы сухостепного ряда: 1) каштановые супесчаные почвы Прииртышской пониженной равнины, орошаемые от 5 до 20 лет, а также неорошаемые и целинные их аналоги; 2) черноземы южные легкосуглинистые Северо-Кулундинской равнины, орошаемые 4–8 лет, а также неорошаемые их аналоги. Почвообразующими породами в первом случае являются незасоленные древнеаллювиальные пески, легкие суглинки, во втором – карбонатные супеси и суглинки. Орошение проводилось на базе артезианских скважин водами гидрокарбонатно-натриевого состава в случае каштановых почв с минерализацией 0.7–1.0 г/л и нормой полива 3000–4000 м³/га и в случае черноземов южных с минерализацией 2–3 г/л и нормой полива около 2000 м³/га.

Выявлено, что при орошении почв слабоминерализованными водами до 20 лет устойчивость почвенной системы не нарушается, существенных изменений в составе, свойствах и структурных особенностях гуминовых кислот, как и их соотношении с другими компонентами гумуса не наблюдается. Все наблюдаемые изменения имеют форму тенденций, направленных на самовосстановление состава и структурных особенностей. Гуминовые кислоты почв в процессе орошения не претерпевают направленных изменений. Различия состава и свойств гуминовых кислот почв разных сроков орошения лежат в пределах флуктуаций и не выходят за пределы типовых градаций. Однако анализ ИК-спектров выявил некоторое усиление процесса образования солей гуминовых кислот во времени за счет поступления минеральных солей с оросительными водами.

Таким образом, предел устойчивости гумуса почв к орошению слабоминерализованными водами может оцениваться как не менее 20 лет. Полученные результаты показывают, что система гумусовых веществ может самовосстановиться за 15–20 лет, а воздействие орошаемых вод слабоминерализованного состава в указанном объеме на почвы не является критичным.

УДК 631.445.2(477.81)

ОСОБЕННОСТИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю.Н. Ковалец

Львовский национальный аграрный университет, kovalets.ym@rambler.ru

Кисотно-основные свойства являются наиболее динамическими показателями физико-химических свойств почв, интенсивно изменяются в пространстве и времени в зависимости от изменения элементарных почвенных процессов и под воздействием антропогенной деятельности. Кислотно-основные свойства изучали путем определения рН солевого и гидролитической кислотности.

Дерново-подзолистые почвы под лесом характеризуются сильно- и среднекислой реакцией почвенного раствора в пределах всего профиля, что предопределено их формированием под лесной растительностью. Самые низкие значения рН прослеживаются в верхнем гумусово-элювиальном горизонте НЕ, где составляет 3.6–4.43, реакция почвенного раствора сильнокислая. С глубиной величина рН постепенно увеличивается до 3.79–4.81 и характеризуется как среднекислая.

В исследуемых дерново-подзолистых почвах на пашне значения рН выше, сравнительно с почвами под лесом, что связано с уровнем окультуривания и проведением известкования. Разница в значениях рН почв под лесом и на пашне представляет 0.34–0.75. В дерново-подзолистых почвах на пашне в верхнем пахотном горизонте величина рН представляет 3.70–4.78 и характеризуется от

сильнокислой к среднекислой. В нижней части профиля отличия величины рН почв на пашне и под лесом незначительные.

В дерново-подзолистых почвах на залежи в верхнем горизонте величина рН колеблется в значительных пределах от сильнокислой 3.44 к нейтральной 6.20. Вниз по профилю прослеживается такое же изменение величины рН, как и в почвах на пашне. В иллювиальном горизонте всех исследуемых почв наблюдается повышенная реакция почвенного раствора.

В осушенных дерново-подзолистых почвах на пашне и залежи прослеживается повышение реакции почвенного раствора в верхних гумусово-элювиальном и элювиальном горизонтах на 0.35–0.67. Вниз по профилю разница между неосушенными и осушенными почвами является несущественной.

Важным показателем кислотности почв является гидролитическая кислотность. В дерново-подзолистых почвах под лесом наивысшие значения гидролитической кислотности имеют гумусово-элювиальные горизонты 4.03–7.18 ммоль/100 г почвы и по принятым оценкам характеризуется от средней к очень высокой. Вниз по профилю величина гидролитической кислотности уменьшается к 1.45–2.80 ммоль/100 г почвы.

В почвах, которые используются в сельскохозяйственном производстве величина гидролитической кислотности уменьшается к 0.63–3.50 ммоль/100 г почвы и оценивается от очень низкой к средней. С глубиной этот показатель преимущественно уменьшается к 0.70–2.51 ммоль/100 г почвы и характеризуется как очень низкий и низкий.

Дерново-подзолистые почвы на залежи характеризуются самой низкой гидролитической кислотностью, сравнительно с почвами на пашне и под лесом. Величина гидролитической кислотности колеблется от очень низкой к средней 0.26–3.34 ммоль/100 г почвы. В подпахотных горизонтах этот показатель преимущественно уменьшается и составляет 0.77–1.17 ммоль/100 г почвы.

Анализ результатов исследования кислотности почв дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава показал, что реакция почвенного раствора исследуемых почв есть средне- и сильнокислой, самые низкие показатели величины рН (3.6–4.4) прослеживаются в гумусово-элювиальном горизонте. С глубиной величина рН постепенно увеличивается и реакция почвенного раствора характеризуется как среднекислая; в пахотных, на залежи и осушенных почвах величина рН является выше и реакция почвенного раствора характеризуется как слабо- и среднекислая, что обусловлено уровнем окультуривания, в частности известкованием почв в разные годы.

УДК 631.46:579.8.044

ПОЧВЕННЫЕ УЛЬТРАМИКРОБАКТЕРИИ – ВАЖНЫЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ

И.А. Конова, Лысак Л.В., Лапыгина Е.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

ayanosttrim@rambler.ru

Важной экологической функцией почв является сохранение биоразнообразия населяющих ее организмов, в том числе и самых мелких ее обитателей – бактерий. В последнее десятилетие показано, что в природных средах, наряду с бактериями обычного размера, присутствуют значительно более мелкие клетки, имеющие размеры менее 200 нм, описываемые как «ультрамикробактерии», «нанобактерии», «наноформы бактерий». Применение электронно-микроскопических и молекулярно-биологических методов исследования позволило обнаружить подобные бактерии в горных породах, организме человека, водной и почвенной природных средах (Вайнштейн, Кудряшова, 2000; Дмитриев и др., 2008). До настоящего времени остается неясной роль этих бактерий в процессах, протекающих почвах.

Целью нашей работы было изучение численности, физиологического состояния и таксономической принадлежности ультрамикробактерий (наноформ бактерий) в почвах для оценки потенциальной возможности участия в экологических функциях почв.

Разработанный и использованный в работе метод фильтрации почвенной суспензии через мембранные фильтры (размер пор 200 нм) с последующим центрифугированием и окраской красителем LIVE/DEAD (L7012) позволил определить численность, охарактеризовать физиологическое состояние и таксономическую принадлежность ультрамелких почвенных бактерий в некоторых почвах России.

Численность ультрамикробактерий в исследованных почвах весьма велика и составляет десятки и сотни миллионов клеток в 1 г почвы, что на 1–2 порядка ниже, чем численность бактерий более крупного размера в тех же почвах. Доля наноформ бактерий от общего числа бактериальных клеток составляет от 3 до 7 %.

В загрязненных городских почвах численность и доля наноформ бактерий выше, чем в их ненарушенных аналогах и составляет 12–15 % от общего числа клеток. Численность наноформ бактерий была выше в городских почвах, загрязненных нефтью и тяжелыми металлами, ниже в городской почве придорожной полосы.

Изучение физиологического состояния, проведенное при помощи красителя LIVE/DEAD (L7012), свидетельствуют о высокой жизнеспособности наноформ бактерий. В образцах горных и равнинных почв доля клеток с неповрежденной клеточной мембраной (интактных) среди наноформ составляла 95–98 %, среди клеток более крупного размера она не превышала 60–70 %. В загрязненных почвах доля интактных клеток среди наноформ составляла 85–92 % при доле интактных клеток среди бактерий обычного размера 55–62 %.

Таксономическое разнообразие наноформ бактерий на уровне филумов в исследованных природных и антропогенно измененных почвах, охарактеризованное при помощи современного молекулярно-биологического метода FISH, весьма велико. Обнаружены представители основных филогенетических групп бактерий и архей, широко представленных в почвах: *Archaea*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* *Cytophaga*, *Proteobacteria*. Высокая доля неидентифицированных клеток (50–60 %) среди наноформ может быть связана как с их малой изученностью, так и с особым состоянием клетки, не позволяющим им связываться со специфическими молекулярными зондами-маркерами. Это согласуется с результатами электронно-микроскопического исследования, обнаружившего у наноформ бактерий утолщенную клеточную стенку и капсульные слои.

Соотношение между отдельными таксонами как среди наноформ, так и среди более крупных клеток примерно одинаково. Правомочно предположить, что в почве представители некоторых, если не многих, таксонов присутствуют как в виде клеток более крупного, так и более мелкого размера.

Сопоставление данных о значительной доле клеток с неповрежденной клеточной мембраной (более 90 %) среди наноформ, с долей неидентифицированных методом FISH клеток позволяет предположить, что наноформы бактерий представляют собой живые, но мало активные (содержащие сравнительно мало рНК) клетки, находящиеся в особом анабиотическом состоянии.

Для более детальной характеристики морфологии наноформ бактерий они были изучены в сканирующем (СЭМ) и просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ). Клетки имели круглую или овальную форму, диаметр их не превышал 200 нм, что, несомненно, позволяет отнести исследуемые объекты к наноформам бактерий. Обращает на себя внимание, что клетки присутствуют как в виде конгломератов, состоящих из 2–5 клеток, так и в виде единичных объектов. Рядом с некоторыми клетками обнаруживаются более мелкие клетки, напоминающие почки, что свидетельствует о делении клеток (размножении) и подтверждает их жизнеспособность.

Более четко морфология клеток из фильтратов выявлялись в ПЭМ на препаратах целых клеток бактерий. Клетки имели диаметр от 120 до 200 нм и длину от 150 до 500 нм. Обнаружены клетки кокковидной, овальной и палочковидной формы. Кокковидные формы часто образовывали конгломераты, что свидетельствует о том, что клетки находятся в активном состоянии.

Обнаружены клетки с мощными внешними покровами, характерные для бактерий с грамположительным типом клеточной стенки, а также клетки с грамотрицательным типом клеточной стенки (тонкая клеточная стенка с неровными клеточными контурами). Наблюдали три типа подобных палочковидных клеток: короткие с диаметром 150–160 нм и длиной 500 нм, длинные тонкие палочки, диаметром около 100 нм и длиной более 600 нм и почкующиеся палочки диаметром 180 нм и длиной 500 нм.

Таким образом, впервые установлено, что численность наноформ бактерий в природных и антропогенных почвах довольно велика и составляет от десятков до сотен миллионов клеток в 1 г почвы. Доля наноформ бактерий была выше в городских почвах, загрязненных тяжелыми металлами и углеводородами нефти, это подтверждает ранее высказывавшиеся предположения о том, что под действием неблагоприятных факторов среды клетки в почве уменьшают свои размеры (Новогрудский, 1956; Никитин и др., 1966). Характерная особенность наноформ бактерий – высокая доля клеток с неповрежденной мембраной, составляющая от 95 до 98 %. Таксономическое разнообразие

наноформ бактерий на уровне филумов довольно высоко, что подтверждается молекулярно-биологическими и электронно-микроскопическими методами. Среди них обнаружены как представители хорошо известных филогенетических групп, так и неизученные таксоны.

Полученные результаты позволяют предположить, что исследованные ультрамикробактерии, обладая высокой потенциальной жизнеспособностью, являются важной составной частью «пула» бактерий, обеспечивающего сохранение бактериального разнообразия почв и при благоприятных условиях принимающих важное участие в экологических функциях почв в биосфере. Высокое таксономическое разнообразие ультрамикробактерий — среди них обнаружены как представители хорошо известных филогенетических групп, так и неидентифицированные таксоны — позволяет рассматривать их как часть «скрытого» бактериального разнообразия почв и важный ресурс биотехнологии.

Работа выполнена при финансировании по проекту ГК № 02.740.11.0283

УДК 550.47

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ТОРФЕ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ЕГО ДЕСТРУКЦИИ

Н.Г. Коронатова.

Учреждение Российской академии наук Институт почвоведения и агрохимии Сибирского
отделения РАН, г. Новосибирск, coronat@mail.ru

Разложение растительного вещества является составной частью круговорота веществ в экосистемах. Однако, в болотных экосистемах процесс разложения растительных остатков изучен недостаточно, а данные о скорости деструкции торфа и изменении его химического состава – единичны. Поэтому цель данного сообщения – показать, как изменяется содержание углерода и азота в торфе при его деструкции.

Полевой эксперимент по определению скорости разложения торфа был заложен на болотах Бакчарского болотного комплекса, принадлежащего восточным отрогам Большого Васюганского болота и расположенного в подзоне южной тайги Западной Сибири (56°51 с.ш., 82°50 в.д.). При определении скорости разложения разных видов растений и их фракций *in situ* общепринятой является методика закладки высушенных образцов с известным весом в синтетических мешочках в почву (торфяную залежь) [Козловская и др., 1978]. Мы использовали эту методику для определения скорости деструкции разных торфов в болотных экосистемах верхового типа. В данной работе представлены результаты, полученные в сосново-кустарничково-сфагновом сообществе (ряме), в открытой осоково-сфагновой мезоолиготрофной топи (галье) и в краевой, соседствующей с рямом, части гальи, представленной пушицево-сфагновым сообществом. Для закладки образцов в каждой экосистеме был извлечен монолит торфа с глубины 40–60 см. Торф с рьяма был сложен остатками *Sphagnum fuscum* с небольшим содержанием мелких живых корней кустарничков (1 %), степень разложения торфа составила около 5 %. Торф из гальи состоял из остатков *Shpagnum fallax* (72 %), остатков *Carex rostrata* (16 %) и включал значительное количество живых корней и корневищ осоки (12 %). Торф с краевой части гальи был представлен остатками *Shpagnum fallax*, вклад живых корней *Eriophorum vaginatum* не превысил 5 % сухой массы, степень разложения торфа была около 10 %. Торф перебирался вручную для удаления крупных корней, корневищ, кусочков древесины и высушивался при температуре 80°C. Образцы торфа помещались в синтетические мешочки по 2 г. Закладка мешочков с торфом производилась выше и ниже уровня болотных вод: на глубину 5–10 и 25–30 см. Отбор образцов производился через определенные промежутки времени в повторности 5–8 штук. Из отобранных проб вручную отбирались живые корни. Содержание в торфе углерода и азота определялось на CHNS/O-анализаторе (Perkin Elmer).

За год потери массы торфа в ходе инкубации составили: в галье 10–12 %, в краевой части гальи 6 %, в ряме потери различались на разных глубинах – 38 % в верхнем слое торфяной залежи и 7 % в нижнем. За два года потери массы торфа увеличились до 30 % в краевой части гальи и до 56 % в верхнем слое торфяной залежи рьяма. Потери массы торфа в галье и ее краевой части мало различались в разных слоях торфяной залежи в связи со сходством условий на разных глубинах – значительной обводненностью и ухудшением доступа кислорода уже в верхнем 5–10-сантиметровом слое. Наибольшие потери массы были получены для верхнего слоя торфяной зале-

жи на ряме, что сопровождалось увеличением степени разложения торфа до 40–50 % и возникновением соответствующих морфологических изменений (потеря структурности, изменение цвета). Это связано с тем, что здесь складывались наиболее благоприятные условия для разложения органического вещества: свободный доступ кислорода, отсутствие обводненности, и в то же время торф не был пересушен благодаря подтягиванию влаги из нижележащих слоев. В нижнем слое торфяной залежи ряма, где постоянно присутствовали болотные воды, потери массы торфа были минимальны [Коронатова, Шибарева, 2009].

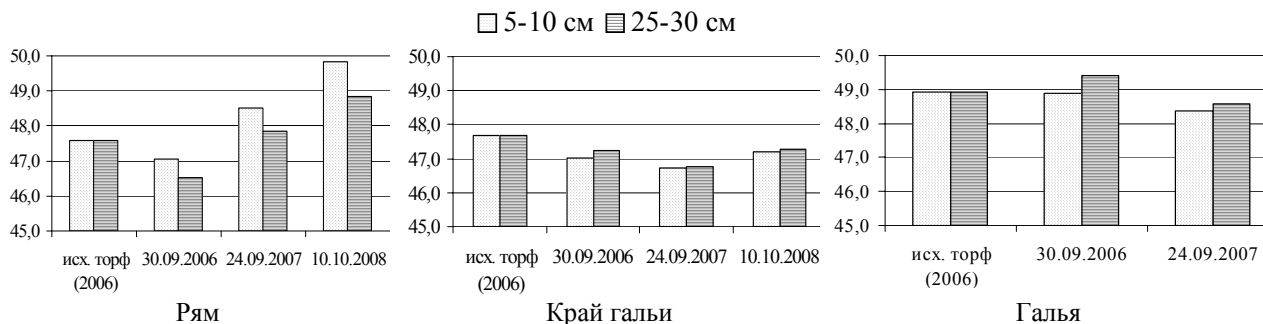


Рисунок 1. Изменение содержания углерода в торфе в разные сроки инкубации, % С на абсолютно сухую массу торфа.

Содержание углерода в исходном торфе ряма и краевой части гальи было около 47,5 %, в галье – почти 49 % (рис. 1). С течением времени содержание углерода несколько уменьшилось на обоих участках гальи, а в ряме после небольшого снижения произошло заметное увеличение содержания углерода, особенно в верхнем слое залежи (на 2,5 %). Увеличение содержания углерода в верхнем слое ряма сопровождалось постепенным увеличением зольности от 1,7 до 2,3 %, в то время как в нижнем слое ряма и на остальных участках произошло снижение зольности заложенного торфа с течением времени. Согласно [Козловская и др., 1978], при разложении болотной растительности также наблюдается увеличение зольности.

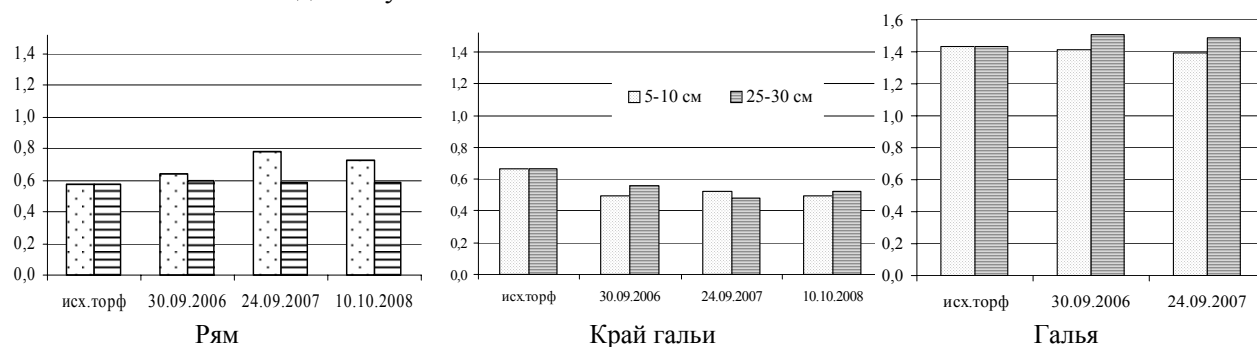


Рисунок 2. Изменение содержания азота в торфе в разные сроки инкубации, % N на абсолютно сухую массу торфа.

Исходное содержание азота в торфе было около 0,6 % в ряме, 0,7 % в краевой части гальи и 1,4 % в центральной части гальи. В ходе инкубации содержание азота в верхнем слое ряма и нижнем слое гальи увеличилось, в нижнем слое ряма и в верхнем слое гальи – не изменилось, в краевой части гальи – уменьшилось (рис. 2).

Таким образом, в верхнем слое ряма наблюдалась интенсивная деструкция торфа, сопровождаемая снижением массы образцов торфа на 1/2 от исходной, увеличением зольности и содержания углерода и азота в течение двух лет проведения эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука, 1978, 176 с.
2. Коронатова Н.Г., Шибарева С.В. Изменение массы торфа в процессе его разложения на болотах Польши и Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2010. Том 3. С. 445–451.

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ КОРОВИНСКОГО
ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (МАЛОЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА)

Д.Н. Костюк, В.Л. Качинский, А.Н. Геннадиев

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, geochem-dan@yandex.ru

В связи с проблемами разработки месторождений полезных ископаемых вблизи территорий природоохранного значения (заповедники, национальные парки, заказники и т.д.) проведение эколого-географических исследований в этих районах становится актуальной и необходимой задачей, поскольку добыча сырья может повлечь за собой негативное воздействие на ценные в природном и культурно-историческом отношении ландшафты.

Цель исследования – оценка экологического состояния территории Коровинского газоконденсатного месторождения, расположенного в Малоземельской тундре (Ненецкий автономный округ), в пределах Ненецкого природного заказника. На северо-востоке территория месторождения граничит с Ненецким государственным природным заповедником, с юга она омывается Коровинской губой, акватория которой также принадлежит заповеднику. Большинство скважин изучаемого месторождения относятся к разведочному типу; они были законсервированы 20–25 лет назад. В ходе полевых работ были исследованы фоновая луговая и четыре техногенно-трансформированные катены, приуроченные непосредственно к участкам скважин (луговая, болотно-луговая, лугово-болотная и болотная катены), а так же было проведено два площадных опробования почв для выявления возможных ареалов загрязнения. В настоящее время в почвах техногенно-трансформированных катен выражены различные типы техногенного воздействия: засыпка песчаным субстратом, турбационные явления, техногенные перевеваемые пески, пропитка почвы горючими смазочными материалами и др. Всего морфологически было описано около 20 почвенных разрезов и отобрано около 170 образцов почв. В образцах определялось содержание 13 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) методом спектроскопии Шпольского, а также содержание органического углерода по Орлову и Гриндель в модификации Никитина.

Изучаемая территория относится к подзоне южной тундры и характеризуется возвышенным рельефом и хорошо выраженными долинами мелких водотоков, многочисленными термокарстовыми озёрами и болотами. Почвообразующими породами являются флювиогляциальные пески и моренные суглинки. На прибрежных территориях Коровинской губы распространены морские глины. Абсолютные высоты варьируют от 0 до 132 м. На данной территории развиты криогенные процессы, солифлюкция и дефляция. Почвенный покров характеризуется комплексностью. Многолетняя мерзлота в почвенном профиле фиксируется на глубинах 50–60 см.

Наиболее распространённой растительной ассоциацией в пределах фоновой луговой катены является ивняково-ерниковая шикшевая лишайниково-зеленомошная. В долинах мелких водотоков и вблизи озёр произрастают ива фиалколистная, ива мохнатая и ива сизая. В пределах техногенно-трансформированных катен существенно уменьшается величина проективного покрытия, и начинают преобладать хвощово-осоковые и разнотравно-злаковые растительные ассоциации.

Для почв фоновой луговой катены, представленной торфянистыми подбурами транзитных ландшафтов и органогенными почвами автономного и супераквального ландшафтов, характерны торфонакопление, оглеение, криогенез и крип. Гранулометрический состав почв изменяется в латеральном направлении от песчаного до среднесуглинистого. Почвы фоновой катены характеризуются более низким содержанием органического углерода по сравнению с техногенными, что может быть вызвано как загрязнением последних нефтесодержащими веществами, так и их заболачиванием, что привело к накоплению торфа, и как следствие, увеличению количества органического вещества. В почвах фоновой катены выявлена определённая ассоциация ПАУ: нафталин с гомологами, пирен и флуорен в следовых количествах.

В пределах автономной позиции лугово-болотной техногенно-трансформированной катены поверхность почв была засыпана песчаным субстратом, о чём свидетельствует перемешанность почвы, резкое изменение гранулометрического состава и низкие содержания органического углерода и ПАУ по почвенному профилю. Мощность этого техногенного слоя составляет около 50 см. Сумма полиаренов по почвенному профилю изменяется от 2 до 15 нг/кг, большую часть которых составляют нафталины (1–13 нг/кг) и флуорен (1–2 нг/кг), на долю которых приходится от 55 % до 95 % от суммы ПАУ. Пирены и тетрафен содержатся в следовых количествах около 1.0–0.1 нг/кг.

Флуорен и пирен с гомологами присутствуют по всему профилю, в то время как нафталины идентифицированы только на определённых глубинах – 3–20 см, 23–30 см, 47–60 см. Максимальные содержания гомологов нафталина наблюдаются на глубинах 23–30 см – около 13 нг/кг. На глубинах 20–23 см встречается голоядерный нафталин – 5 нг/кг.

На расстоянии 30 м от скважины в дерново-глеевой почве транзитной катенарной позиции в горизонте дернины (0–6 см) отмечено максимальное разнообразие ПАУ. Здесь сумма ПАУ в гумусово-аккумулятивном оглеенном горизонте (22–42 см) – 270 нг/кг, что в два раза больше, чем в поверхностном горизонте дернины и в три раза больше, чем в вышележащем перегнойном горизонте. Наиболее существенный вклад в сумму полиаренов в поверхностном горизонте вносят нафталины (80 нг/кг) и фенантрен (22 нг/кг), суммарное относительное содержание которых равно 73 %. Также присутствуют 1, 12-бензперилен, тетрафен, пирен и хризен; содержание каждого из этих углеводородов варьирует от 7 нг/кг до 9 нг/кг. В следовых количествах были обнаружены 3, 4-бензпирен, 1, 2-бензпирен и антрацен. Повышенные содержания и наличие здесь 5–6-ядерных ПАУ по сравнению с почвами остальной части катены обусловлены накоплением в верхнем горизонте битуминозного вещества остаточного характера. Его наличие, вероятно, связано с буровыми растворами, химическими реагентами и водонефтяной эмульсией, которые использовались как смазочный материал при бурении скважины. В поверхностном горизонте дернины нафталины составляют 58 % от суммы ПАУ, в перегнойном горизонте – 94 %, а в гумусово-аккумулятивном оглеенном горизонте – 100 %. Таким образом, имеет место увеличение удельного содержания этого углеводорода в радиальном направлении.

В глеевом горизонте почвы суперкавальной катенарной позиции было обнаружено максимальное содержание ПАУ во всей почвенной катене (около 3000 нг/кг). Нафталины составляли 99 % от суммы полиаренов; голоядерный пирен – менее 1 %. Присутствие нафталинов в очень высоких количествах, по-видимому, вызвано сильным загрязнением и низкой микробиологической активностью почв в этих условиях.

В пределах изученных болотно-луговой и лугово-болотной техногенно-трансформированных катен был выявлен запах сероводорода, предположительно, связанный с разгерметизацией скважин. В зонах повышенной антропогенной нагрузки на почву происходило подтаивание многолетней мерзлоты и усиливались дефляционные процессы (в случае песчаных субстратов), что привело к заболачиванию и трансформации почвенного покрова данных территорий. Так, ареалы переваемых песков в почвенном покрове исследуемого месторождения имеют размеры от 2–3 м в диаметре до 50 на 250 метров, образуя даже техногенные пустышные ландшафты.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 10-05-10073).

УДК 631.4

ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ

Т.В. Кулаковская

Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, tamaravik@mail.ru

Городские почвы (урбаноэмы) характеризуются широким диапазоном физико-химических свойств (переуплотнение, высокий уровень содержания загрязняющих веществ, дисбаланс элементов минерального питания, засоленность, повышенная кислотность) в сравнении с зональными почвами в естественном состоянии. Для получения достоверных сведений о состоянии среды произрастания зеленых насаждений и прогноза развития экологической ситуации в городских условиях, целесообразно проведение геохимического мониторинга. В настоящее время использование физико-химических методов для анализа почвенных образцов требует значительных финансовых затрат, а результаты, не всегда и в полной мере отражают реальную картину их экотоксикологического состояния. В связи с этим дополнительно используют методы биологического контроля (фитотестирование), которые позволяют с наибольшей вероятностью провести оценку экотоксикологического состояния почвы при наименьших затратах. Фитотестирование является составной частью мониторинговых наблюдений в условиях города. Следовательно, комплексное использование разных методов изучения городских почв позволит снизить затраты и повысит достоверность полученных результатов.

Мониторинговые исследования городских почв проводили в условиях крупных промышленных центров (г. Москва, г. Минск) на территориях зелёных насаждений. Почвенные образцы отбирали на постоянных площадках наблюдений общегородской системы мониторинга зеленых насаждений, расположенных в разных частях города, различающихся по нагрузке: фоновые участки; пункты наблюдений с высокой, средней и низкой техногенной нагрузкой вдоль транспортных магистралей и дорог. Геохимические исследования проведены по стандартным методикам и путём сопоставления полученных результатов с фоновыми и нормативными значениями показателей. Для изучения экотоксикологического состояния городских почв использовали методику оценки комплексного загрязнения техногенно-загрязнённых почв с помощью высших растений, которая включена в Федеральный реестр методик по токсикологическим методам контроля в РФ: «Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязнённых почв» ФР.1.39.2006.02264.

Результаты комплексных исследований городских почв в разных мегаполисах позволили определить характер, содержание и уровень опасности загрязняющих веществ на разных типах озелененных территорий в зависимости от транспортной и антропогенной нагрузки, а также выявить факторы, оказывающие негативное воздействие на состояние зеленых насаждений. В условиях разных городов установлены одинаковые тенденции, проявляющиеся в различной степени: интенсивные промышленные и рекреационные нагрузки вызывают изменения геохимического и физического состава почв, а также их экотоксикологического состояния.

Длительное использование в исследуемых городах в качестве противогололедного реагента хлористого натрия (разнос по территории 10–100 м), способствовало подщелачиванию и засолению почв, несмотря на то, что в условиях г. Москвы, в последние годы используют противогололедные реагенты нового поколения. Диапазон колебаний наличия макроэлементов (азот, фосфор, калий) в городских почвах был очень широкий и это определяло исходный грунт при обустройстве территорий. Содержание микроэлементов (многие из которых относятся к тяжёлым металлам) в почве (г. Москва) варьирует от значений ниже фоновых и 5–10-кратного увеличения (Sr, Cr, Zn, Sc) до 33-кратного (Ag) и 6–80-кратного увеличения (Hg) в зависимости от местообитания. Результаты анализов свидетельствуют, что суммарный показатель загрязнения почвы тяжёлыми металлами колеблется от умеренно-опасного до опасного. В условиях города Минска содержание вышеуказанных элементов значительно ниже, однако присутствие Pb, Zn, Mn, Cu в отдельных почвенных образцах превышает предельно допустимые концентрации.

Результаты фитотестирования городских почв (г. Минск), при использовании разных тест-объектов в большинстве вариантов подтвердили данные, полученные при геохимическом обследовании, и показали разные уровни токсичности от 3 (умеренно токсичные) до 5 (не токсичные), что обусловлено значительным влиянием транспортных эмиссий, внесением удобрений, гербицидов и применением солевых антифризов. В ходе исследований установили, что использование данной методики с элементами усовершенствования (1) позволяет диагностировать уровень техногенного загрязнения почв и дает возможность определить допустимые нагрузки на зеленые насаждения.

В целях прогнозирования развития экологической ситуации в городских условиях необходимо обратить внимание, что в настоящее время, использование существующих нормативов ПДК загрязняющих веществ в городских почвах не всегда отвечает современным требованиям. В странах ЕЭС применяют комплексные нормативы и стандарты, которые дифференцированы по предназначению территорий. В связи с этим необходимо внести изменения в существующую нормативную документацию по нормированию загрязняющих веществ в городских почвах (ПДК и ОДК), с учетом изменения показателей в зависимости от характера использования территорий: детские площадки, жилые зоны, парки и рекреационные места, промышленные зоны, сельскохозяйственные земли.

В настоящее время в Беларуси проходит процесс реализации Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 4 августа 2010 г. № 107 «Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций валового содержания ртути и мышьяка в землях (включая почвы), расположенных в границах населённых пунктов, для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населённых пунктов».

Интеграция стран СНГ в мировую экономику, а также активизация внешнеэкономической деятельности и продвижение продукции на международные рынки, в сочетании с решением задач социально-экономического развития требуют реформирования законодательной и нормативно-

правовой основы для проведения работ по техническому нормированию и стандартизации в области охраны окружающей среды и природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

Т.В. Кулаковская, К.А. Алехин. Использование метода фитотестирования для оценки экологического состояния городских почв г. Минска. Материалы 11 межд. научно-практ. конфер.: Проблемы озеленения крупных городов / Под общей ред. Х.Г. Якубова.-М. Прима-экспресс Экспо, 2008 с. 173–175.

УДК 631.4:504.53.05(478-25)

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ПОЧВЫ ГОРОДА

Е.С. Кухарук, К.П. Бульмага, А.Н. Бургеля

Институт Экологии и Географии Академии Наук, г. Кишинэу, ecostrategii@yahoo.com

Экологические проблемы города, главным образом, связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта, промышленных предприятия, с образованием антропогенных ландшафтов и изменением биоразнообразия, очень далёких от состояния экологического равновесия.

Антропогенные ландшафты во многом отличаются от естественных ландшафтов. Для них характерна перестройка биологического круговорота, водно-теплового баланса, направления почвенных процессов, численности и виды живых организмов. И, наконец, главной особенностью антропогенных ландшафтов является то, что все изменения в них происходят гораздо быстрее, чем естественное развитие ландшафтов в нетронутой природе.

Коренному преобразованию подвергается и почвенный покров городской территории муниципия Кишинэу. На больших площадях, под магистралями и кварталами, почвы физически уничтожаются, а в зонах рекреаций (парки, скверы, дворы) не только подвергаются водной ветровой эрозии, но и загрязняются бытовыми отходами, вредными веществами из атмосферы, обогащаются тяжёлыми металлами, патогенными микроорганизмами.

Деградация почв – одна из самых важных экологических проблем города. Нами установлено, что всего эродированных почв в городской черте 38.3 % по отношению к всей площади сельхозугодий (табл.). Только за последние 12 лет по нашим установленным данным [1, 2], площадь слабоэродированных почв возросла на 716 га (таблица №1). Все сильноэродированные почвы засаживаются лесонасаждениями.

В муниципии категория слабоэродированных почв составляет 6780 га. Эти почвы, при несоблюдении противоэрозионных мероприятий, легко могут перейти в градацию средне-, а затем, сильнодеградированных почв. Необходимо отметить основные причины ухудшения состояния почвенного покрова земель сельхозназначения городской черты. Эрозия почв, вызванная неумелым использованием приватизированной фермерами земель, – одна из причин. А также предельная хозяйственная освоенность территории, распашка крутых склонов, неумеренное отравление почвенной биоты ядохимикатами, бытовыми отходами, ненормированный выпас скота, практически полное прекращение внесения органических удобрений, распашка полей вдоль склонов, чрезмерное дробление земли на приватизированные участки, что объективно исключает саму возможность применения севооборотов, вывод с полей всей надземной массы растений (на корм скоту, на топливо), рост площадей под пропашные культуры (в основном под подсолнечник, кукурузу под зерно), сокращение площадей под садами и виноградниками и перевод их в пашню, массовая вырубка лесополос и лесов, неприятие даже элементарных мер по предотвращению или торможению развития эрозии, бессмысленное выращивание монокультуры на одних и тех же полях в течение многих лет и т.д. Особое внимание заслуживает правильное ведение обработки почв на склонах разной крутизны.

Последствия эрозии, загрязнения почв, наблюдаемые в настоящем и ожидаемые в будущем, если не будут приняты решительные меры, представляют собой реальную угрозу нашей стране.

Растительный покров города практически полностью представлен культурными насаждениями: парками, скверами, газонами, цветниками, аллеями. Структура антропогенных фитоценозов не соответствует зональным и региональным типам естественной растительности. Поэтому разви-

тие зелёных насаждений города протекает в искусственных условиях, постоянно поддерживается человеком. Многолетние растения города развиваются в условиях сильного угнетения. Печальным примером антропогенной нагрузки в городской черте может служить, некогда живописнейший, уголок территории Скиносы, который в настоящее время превратился в экологически опасную зону: несанкционированные свалки бытовых отходов, вырубка деревьев, сточные воды жилых массивов, которые стекают в озеро городской зоны отдыха Валя Морилор.

Таблица. Эродированность земель сельскохозяйственного назначения в муниципии Кишинэу 1996–2008 гг.

№	Названия административных территорий	Всего сельхоз земель (га)	Средняя оценка бонитета почв	Эродированные почвы (га)			Эродированные почвы (га)				
				1996 год			2008 год				
				Итого	В том числе		Итого	В том числе			
Слабо	Средне	Сильно	Слабо		Средне	Сильно					
	Мун. Кишинэу	732.49	46								
	сектор. Ботаника		60								
1.	Сынжера	3897.52	53	2043	1243	575	225	2007	1080	693	234
2.	Бачой	4974.68	66	1611	845	511	255	1744	954	529	261
	Сектор Буюкань		49								
3.	Дурлешть	2111.62	55	1240	623	508	109	1083	574	430	79
4.	Ватра	45.25	30	17	–	–	17	17			17
5.	Кондрица	83.43	46	34	6	28	–				
6.	Гидигичь	1701.20	69	411	175	123	113	416	157	160	99
7.	Трушень	2733.46	47	1650	641	938	71	903	445	371	87
	Сектор Сентру										
8.	Кодру	1919.04	70	498	262	198	38	280	176	90	14
	сектор Чокана		67								
9.	Вадулуй-Водэ	434.13	45	51	16	35	–	51	16	35	
10.	Бубуечь	2156.95	71	458	175	206	77	1065	869	121	75
11.	Будешть	2051.19	71	809	440	283	86	834	452	296	86
12.	Колоница	1907.40	64	432	242	68	122	1004	590	258	156
13.	Крузешть	1104.36	75	295	225	53	17	295	225	53	17
14.	Тогатин	1054.74	77	269	138	92	39	269	138	92	39
	Сектор Рышкань		64								
15.	Криково	211.40	54	11	7	–	4	11	7		4
16.	Чореску	121.00	65	13	6	7	–	13	6	7	
17.	Гратиешть	1852.52	65	969	377	395	137	950	443	349	167
18.	Стэучень	2047.51	73	979	643	193	143	985	648	194	143
	Всего	31139.89	64	11790	6064	4213	1513	11936	6780	3678	1478

Безвозвратно исчезли за последние 50 лет многие представители флоры и фауны с территории Скиносы, которые занесены в Красную Книгу Республики Молдова [2]. Озеро Валя Морилор пришлось осушить из-за антропогенного загрязнения, а полная его реконструкция пока неизвестна. Так антропогенная деятельность человека может за несколько десятков лет полностью негативно преобразовать территорию, как мы убедились, на территории Скиносы. Необходимо отметить, что почвенный покров может выступать как источник и фактор передачи возбудителей инфекционных заболеваний. Среди загрязнителей почвы, способных вызвать заболевания человека, большую роль играют бактерии и простейшие, находящиеся в отбросах.

Почва может загрязняться возбудителями холеры, сальмонеллёза, бактериальной дизентерии, брюшного тифа, паратифа. Чехословацкие учёные (D. Strauch, E. Pappakowa, 1970) приводят данные относительной длительности выживания патогенных микроорганизмов и паразитов в почве и на растительности лугов, после удобрения их отходами и описывают случаи инфицирования скота сальмонеллами, возбудителем туберкулёза [3].

Авторы указывают на это как на возможный путь заражения молока, яиц, мяса и передачи инфекции людям. Оценка санитарно-эпидемиологического состояния почв для мероприятий по профилактике инфекционных заболеваний в настоящее время очень актуальна. Нет специально

ограниченной в городе территории для выгула домашних животных, да и бездомные собаки и кошки не ограничиваются спецтерриторией. Установлено, что выживание ряда патогенных микроорганизмов происходит преимущественно в чернозёмных почвах. Наиболее благоприятными для длительного выживания и, даже, размножения палочки сибирской язвы, являются не только чернозёмы, но и аллювиальные и деллювиальные почвы [3]. Доказано не только широкое распространение патогенных клостридий в почвах Молдовы, но и способность последних вегетировать в почве. Всё это позволяет высказать предположение, что могут создаваться более благоприятные эпидемиологические условия для возникновения заболевания столбняком, сибирской язвой и др. Микробиологический контроль в городе необходим, так как водоносные горизонты под городом не только истощены в результате непрерывных откачек скважинами и колодцами, а кроме того загрязнены на значительную глубину.

Одним из источников загрязнения почвенного покрова является состояние воздушного бассейна: сильное и интенсивное загрязнение атмосферы, а их в городе насчитывается сотни и многие превышают предельно допустимые концентрации. Почва, как адсорбент атмосферных осадков, является накопителем химических загрязнителей. Мы указали, на наш взгляд, на основные виды загрязнения и деградации почвенного покрова городской черты: биологический, химический, гидрохимический. Но существуют физическая, гумусовая, азотная, мочаристая и оползневая деградации почв, которые необходимо учитывать при мониторинге почвенного покрова города. Почвоведы выделяют ещё один вид деградации почв – эта деградация называется как «общефункциональная» [4]. Почва не только переполнена минералами, содержит воду в особых формах, дышит, перенасыщена живыми веществами, но и служит единственной сферой их взаимодействия, мембраной, где все компоненты биосферы, абиотические, биокосные и живые тела соприкасаются, взаимодействуют друг с другом, рождается эффект воспроизводства жизни [4]. Это не только локальная, но и региональная экологическая проблема: биохимическая миграция элементов не ограничивается замкнутой территорией.

Хотя экологические проблемы являются самыми важными, необходимо думать о хозяйственных и социально – экономических, так как, решая проблему эрозии почв на землях сельскохозяйственного назначения, мы в большей мере решим и проблемы экологические.

Таким образом, экологическое состояние почвенного покрова города очень важно для ведения постоянного мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Cadastrul funciar al Republicii Moldova la 1 ianuarie 2008*. Chisinau, 2008, 839–861 p.
2. *Кухарук Е.С.* Почвенный покров от Л.С. Берга до настоящего времени. Сб.: Академику Л.С. Бергу – 130 лет. Бендеры, Есо-Тiras, 2006, 22 с.
3. *Найштейн С.Я.* Актуальные вопросы гигиены почв. Кишинёв, Штиинца, 1975, 183 с.
4. *Крупеников И.А.* Чернозёмы. Возникновение, совершенство, трагедия, деградации, пути охраны и возрождения. Chisinau, Pontos, 2008, 159 с.

УДК 504.53.054 : 631.425

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДЗОЛОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА о. САХАЛИН

Д.Н. Липатов, А.В. Елисеева, В.Н. Кудрявцев

Московский государственный университет, dlip@soil.msu.ru

Увеличение интенсивности нефтедобычи на территории Сахалинской области приводит к нарастанию масштабов загрязнения природной среды. Углеводороды нефти относятся к опасным загрязнителям, которые характеризуются быстрым распространением и долговременным присутствием в почвах. В почвенном покрове северного Сахалина преобладают подзолистые и болотные почвы, имеющие низкую устойчивость к загрязнению.

При накоплении углеводородов нефти происходят деградационные изменения не только биологических и химических, но и морфологических и физических свойств почв. Во многих исследованиях отмечается негативное воздействие нефти на водно-физические свойства почвенных горизонтов, изменения физико-механических параметров почвы, связанные с гидрофобностью это-

го загрязнителя. Такие нарушения физических свойств могут приводить к ухудшению почвенных режимов, к необратимой потере экологических функций почв. Поэтому оценка физических свойств почв имеет особую важность в системе экологического мониторинга на нефтезагрязненных территориях.

В нашей работе изучалось влияние нефтяного загрязнения на структурно-агрегатный, микроагрегатный состав, гигроскопическую влажность и капиллярную влагоемкость техногенно нарушенных подзолов северо-востока о. Сахалин. С этой целью проводилось сравнение этих показателей в горизонтах фоновых и нефтезагрязненных почв. Гранулометрический состав исследованных иллювиально-железистых подзолов и техно-подзолов – мелкозернистый песок. Структурный состав почв определялся ситовым анализом, микроагрегатный – седиментометрически. Гигроскопическая влажность оценивалась методом сушки при 105 °С, влагоемкость – при капиллярном насыщении образцов нарушенного сложения. На участках нефтяных разливов отмечена значительная пространственная гетерогенность загрязнения, что позволило оценить его воздействие на показатели физических свойств почв с помощью корреляционного анализа.

В фоновых подзолах структура слабо выражена, в верхних горизонтах – мелкокомковатая, в нижних – мелкоглыбистая, размер агрегатов не превышает 3 мм. В горизонтах АЕ, Е, ЕВ преобладают фракции 0.5–0.25 и <0.25 мм, в нижележащих горизонтах В_{Fe}, В₂, ВС значительную долю (30–50 %) составляют структурные агрегаты 2–1 мм (рис. 1, А). Повышенная агрегационная способность в горизонтах В, ВС связана с высоким содержанием в них окислов железа.

По сравнению с фоновыми в нефтезагрязненных профилях отмечены существенные изменения макро- и микроструктуры. Трансформированная техногенными факторами структура становится слабоформленной, непрочной и отражает деградационные изменения в строении почв, загрязненных нефтью. В макроструктуре нефтезагрязненных почв отмечается увеличение содержания самых крупных фракций: >10, 10–7, 7–5, 5–3 мм за счет снижения доли мелких фракций, при этом в нижних горизонтах нарастает и доля фракции <0.25 мм (рис. 1, Б). В микроагрегатном составе почв, загрязненных нефтью, по сравнению с фоновыми увеличена доля самой крупной фракции 0.25–0.05 мм, при этом снижена доля остальных фракций, кроме <0.001 (рис. 2). Результаты корреляционного анализа, полученные для диапазона содержания углеводородов нефти 10000–40000 мг/кг, показывают значимые ($\alpha=0.05$) положительные коэффициенты корреляции Спирмена $r_s=0.7-0.9$ между уровнем загрязнения и долей агрегатов: >10, 3–2, 2–1, 1–0.5, а также микроагрегатов 0.05–0.01, <0.001 мм. Значимые отрицательные r_s от –0.7 до –0.8 получены между содержанием нефтяных углеводородов и фракциями <0.25 и 0.25–0.05 мм. Таким образом, присутствие нефтяных углеводородов может приводить к разрушению природной макроструктуры подзолов. При этом формирование техногенных агрегатов, происходящее при участии углеводородов нефти, сопровождается укрупнением почвенных частиц.

Следует отметить, что при использовании седиментометрических методов для проб нефтезагрязненных почв возникают методические трудности вследствие формирования пленок углеводородов на поверхности и в поровом пространстве микроагрегатов, снижения плотности частиц и замедления оседания крупных фракций.

Полученные значения гигроскопической влажности в подзоле фонового участка изменяются в диапазоне 2.3–4.5 % и нарастают вниз по почвенному профилю (рис. 3, А). В нефтезагрязненном профиле гигроскопическая влажность снижена в 1.5–2 раза. Вместе с тем, для загрязненных участков отмечен значимый положительный коэффициент корреляции $r_s=0.4$ между гигроскопической влажностью и содержанием углеводородов нефти. При использованном методе горячей сушки проб, загрязненных нефтью, возможно удаление легколетучих фракций, что приводит к завышению значений гигроскопической влажности.

Капиллярная влагоемкость в профиле подзола фонового участка изменяется в диапазоне 15–19 %, достигая наименьшего значения в горизонтах Е, ЕВ (рис. 3, Б). В нефтезагрязненном профиле капиллярная влагоемкость снижена в 1.5–1.7 раза. Значимый отрицательный коэффициент корреляции $r_s=-0.5$ также указывает на снижение капиллярной влагоемкости при увеличении содержания углеводородов нефти. Снижение показателей капиллярной влагоемкости и гигроскопической влажности в нефтезагрязненных подзолах, по-видимому, связано с гидрофобными свойствами нефти, адсорбция которой приводит к нарушению исходных поверхностей почвенных частиц и порового пространства.

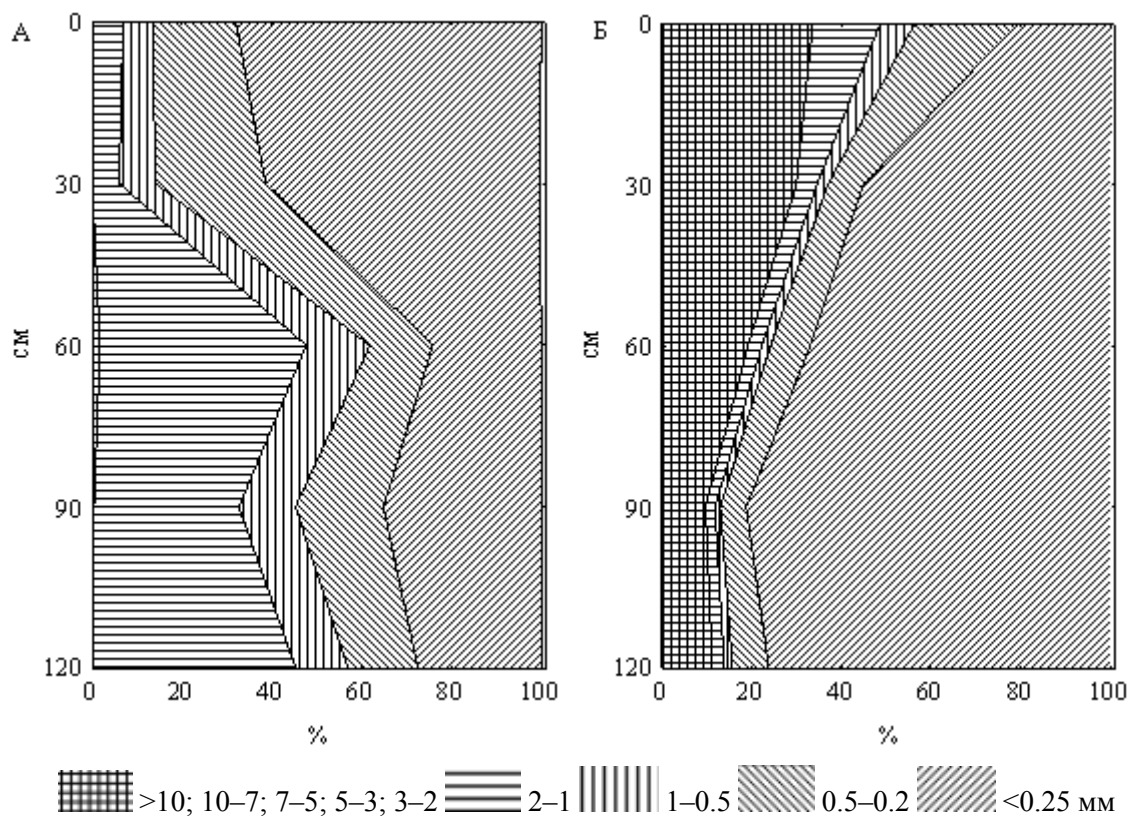


Рисунок 1. Профильные диаграммы структурно-агрегатного состава фоновых (А) и техногенных нефтезагрязненных (Б) подзолов.

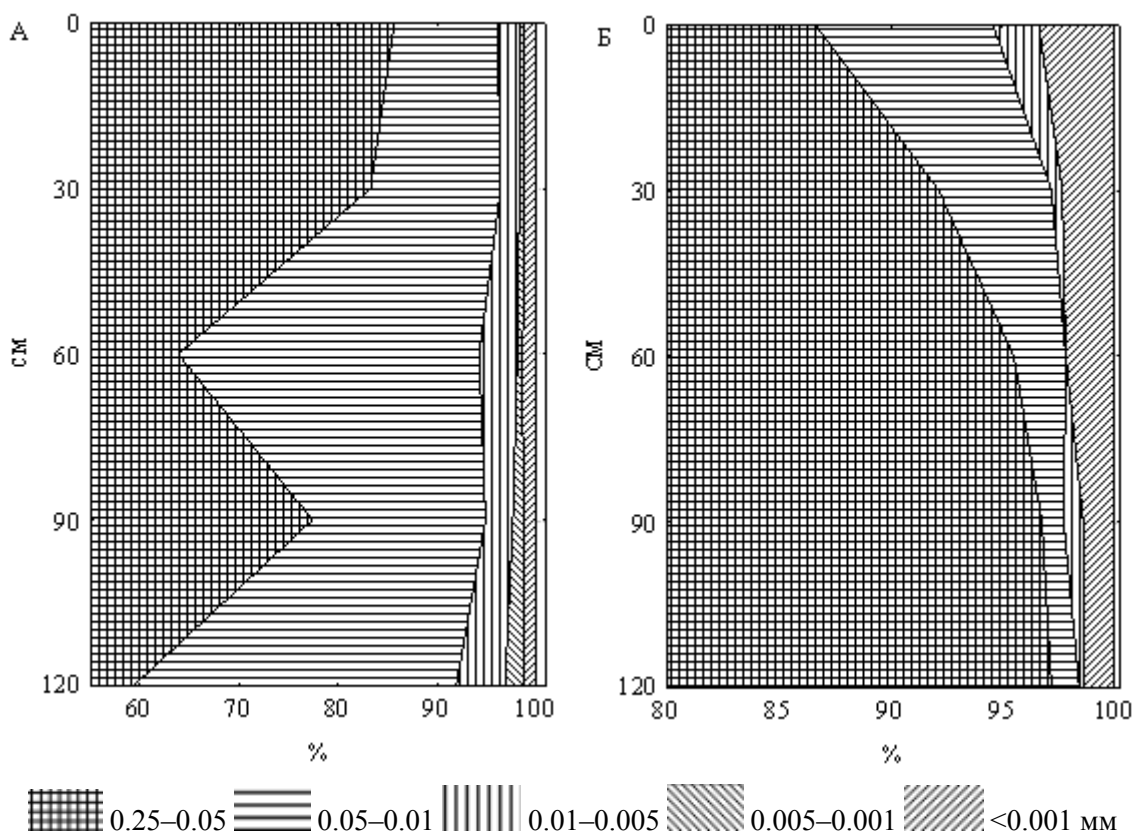
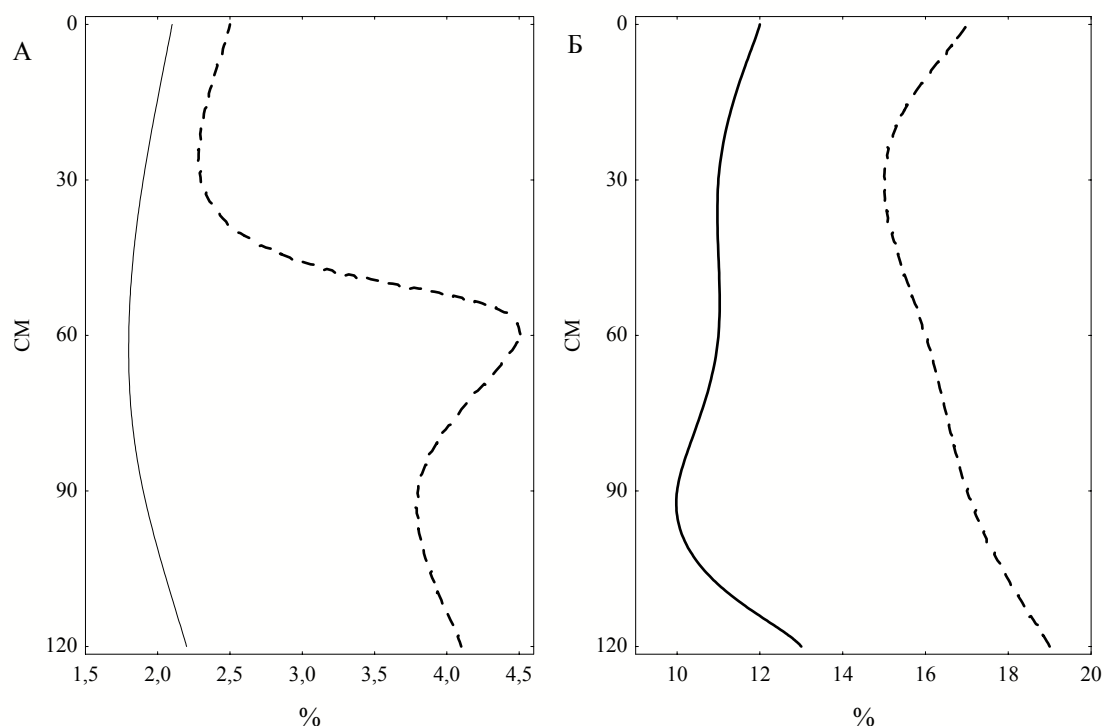


Рисунок 2. Профильные диаграммы микроагрегатного состава фоновых (А) и техногенных нефтезагрязненных (Б) подзолов.



--- фоновый — техногенный нефтезагрязненный

Рисунок 3. Профильные распределения гигроскопической влажности (А) и капиллярной влагоемкости (Б) в фоновых и техногенных нефтезагрязненных подзолах.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. В условиях нефтяного загрязнения происходят деградационные изменения структурно-агрегатного и микроагрегатного состава почв, ухудшение их водно-физических свойств, что снижает их потенциал самовосстановления и эффективность рекультивации.
2. Присутствие углеводородов нефти в почвенных пробах может приводить к систематическим погрешностям при седиментометрических и термических методах анализа физических свойств почв.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ КАРТ-НАКОПИТЕЛЕЙ
ШЛАМ-ЛИГНИНА БАЙКАЛЬСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА
(ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.Н. Максимова, О.Г. Лопатовская

Восточно-Сибирская государственная академия образования, г. Иркутск, evgen_max@list.ru,
lopatovs@mail.ru

Иркутская область относится к индустриально развитым регионам, где размещаются предприятия различных видов промышленности. Даже при регламентированном режиме работы таких предприятий отмечается поступление в окружающую среду техногенных выбросов со значительным превышением ПДК. На их пути встает почва, имеющая большую адсорбционную поверхность. Происходящие в ней процессы биологической трансформации приводят к тому, что одни химические соединения легко подвергаются деструкции, другие, например лигнин, разлагаются в природной среде медленно.

Проблема предотвращения загрязнения окружающей среды выбросами предприятий целлюлозно-бумажной промышленности имеет огромное значение, так как это сможет обеспечить биологическую стабилизацию природных биоценозов, подверженных антропогенному воздействию.

При экологическом исследовании почв территории Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) учитывался стандартный набор сочетаний почвенно-геохимических параметров

(рН, содержание гумуса, емкость поглощения, содержание тяжелых металлов, токсичных вещества и др.).

Пробы для анализов отбирались в семи картах-накопителях шлам-лигнина. Для анализа бралась усредненная проба. Происхождение накопителей связано со складированием твердых осадков, образующихся при очистке сточных вод БЦБК. Эти сооружения представляют собой резервуары, укрепленные по периметру дамбами из железо-бетонных плит покрытых слоем асфальта. Дно выстлано водозапирающим слоем глины. По периметру созданы валы для предотвращения выноса осадков за предел дамб.

Анализ почвенных образцов показал, что почвы исследуемой территории можно отнести к искусственным почвам, которые характеризуются слабой оструктуренностью, супесчано-суглинистым гранулометрическим составом.

Одной из важнейших характеристик почв, определяющей некоторые ее другие свойства (буферность, поглонительную способность), является реакция среды. Так, например, кислые почвы более сильно подвержены загрязнению анионогенными элементами (хром и др.), менее подвижными в этих условиях, тогда как катионогенные элементы (свинец, цинк и др.), опадая в кислые почвы, включаются в природные циклы миграции, и степень загрязнения этими металлами может быть меньше. Подщелачивание верхних наиболее загрязненных горизонтов почв способствует снижению миграционной способности многих загрязняющих веществ и, в первую очередь, тяжелых металлов, образующих в этих условиях обычно слаборастворимые соединения. В данном случае трудно говорить о способности почвы противостоять кислотному или щелочному воздействию. Это связано с тем, что только почва способна к сорбции, обменным и другим процессам. В случае с исследованными образцами это трудно отметить.

Поверхностный горизонт исследуемых почвогрунтов имеет слабокислую и близкую к нейтральной реакции среды. Значения варьируют в пределах 5.5–7.0, сдвиг рН составляет 1.5 единицы. Солевой рН колеблется в пределах 5.0–5.5, интервал колебаний равен до 0.5 единиц. Значения гумуса изменяются значительно – от 3.7 до 11.4 %.

Исследуемые почвы и почвогрунты характеризуются степенью насыщенности основаниями, достигающей 78 %, с преобладанием обменного кальция (до 10.5 мг-экв/100 г), магния содержится от 1.0 до 4.5 мг-экв/100 г. Емкость поглощения 16–20 мг-экв/100 г почвы. Отмечается обогащенность почв подвижными фосфором – до 106 мг/100 г почвы и калием – до 325 мг/100 г почвы. Вероятно, высокое содержание калия связано с тем, что образец был отобран из отвала, в котором отмечалось максимальное содержание солей. Содержание валового азота очень низкое и в среднем не превышает 0.98 %. Максимальные значения по содержанию азота (0.23–0.98 %) связаны также с тем, что образцы отбирались в верхних, часто перегнойных горизонтах. Это может указывать на слабое проявление почвообразовательного процесса. Общее содержание минеральных веществ в почвогрунтах, вычисляемое по значениям потери от прокаливания, составляет от 9.2 до 20.7 %. Органические остатки при сжигании улетучиваются, а в прокаленном осадке остаются соли. Количество их незначительно по сравнению с засоленными почвами. Содержание обменного натрия очень низкое, в виде следов.

Максимальные значения химических элементов по всем показателям отмечаются в образце, который был отобран под лесом, с уже сформировавшимся органомным горизонтом на старом отвале. Здесь химические соединения принимают участие в процессе почвообразования.

Для анализа валовых и подвижных форм металлов в качестве приоритетных загрязнителей было проанализировано содержание следующих элементов: Hg, Pb, Zn, Cu, Co, Al, Cd, Ni.

Концентрации валовых форм тяжелых металлов, даже их максимальные значения для хрома – 30.6, кобальта – 10.4, никеля – 42.7, кадмия – 0.41, свинца – 10.2, марганца – 250 мг/кг находятся ниже ПДК, установленных для этих элементов. По отношению к региональным фоновым значениям обстановка менее благополучная. Концентрации меди, никеля и цинка во всех разрезах близки к региональному фону.

Концентрация подвижных форм металлов, характеризующая их миграционную способность по трофическим цепям, имеет важное значение. По содержанию подвижных форм элементов резко обособленных загрязнителей нет. Концентрации этих элементов не превышают ПДК. Хром, марганец, никель, кадмий, свинец и другие элементы, находятся в пределах нормативных показателей. В целом значения подвижных форм металлов образуют слабовыраженные колебания. Содержание в почвогрунтах водорастворимых соединений фтора в пределах нормы.

Существенным фактором изменения почвенно-экологических функций является техногенное загрязнение продуктами переработки древесины, содой, хлоридами и другими веществами, используемыми при отбеливании целлюлозы и других технологических процессах, а также нефтепродуктами. На сегодняшний день в нормативных и директивных документах отсутствуют реальные критерии оценки уровня загрязнения этими веществами. Содержание нефтепродуктов в почвогрунтах территории варьирует от 0.005 до 0.1 мг/г почв.

Анализ фактического материала показал, что во всех образцах отмечается слабое подкисление почв, о чем свидетельствуют значения pH (6.0). Степень насыщенности основаниями в некоторых случаях высокая (78 %), при содержании кальция иногда в 10 раз превышающем содержание магния. Среднее значение емкости поглощения – 16–20 мг-экв/100 г почвы. Значения гумуса невысокие. По валовым и подвижным формам тяжелых металлов превышение ПДК для меди, цинка, кадмия и других элементов не отмечено. По содержанию нефтепродуктов почвогрунты территории можно отнести к незагрязненным.

Хозяйственная деятельность человека преобразует среду обитания, при этом ее последствия не всегда носят положительный характер. Учитывая ограниченную способность природной среды к самоочищению, необходима разработка замкнутых безотходных технологий, а также разработка новых путей борьбы с антропогенным загрязнением.

УДК 631.46

ЭКОФИЗИОЛОГИЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ

Н.А. Манучарова, Т.И. Чернов

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, manucharova@mail.ru

Жизнедеятельность гидролитических микробных сообществ в существенной степени определяет уровень плодородия почв, включая снабжение растений доступными питательными ресурсами, формирование почвенной структуры и способность к подавлению нежелательных фитопатогенных популяций. В почву ежегодно поступают миллиарды тонн биополимеров, в том числе полисахаридов, являющихся важнейшим исходным ресурсом деструкционной ветви глобального цикла органического углерода. Масштабы развития микробных гидролитических комплексов и микробной деструкции биополимеров (на примере полисахаридов) различны в биогеоценозах разных климатических зон, однако в научной литературе информация о разнообразии и устойчивости микробных гидролитических комплексов под воздействием экологических факторов практически отсутствует. Целью работы было исследование физиологических и структурно-функциональных характеристик гидролитических микробных сообществ почв, формирующихся под влиянием различных экологических параметров наземных экосистем основных климатических зон России. В результате исследований установлены закономерности распространения гидролитических микробных комплексов наземных экосистем, их видовой состав, метаболическая активность и толерантность к экстремальным значениям экологических факторов. Численность, выявляемая с использованием метода FISH, физиологически активных гидролитических прокариотных комплексов составляет третью часть от комплексов всех прокариотных организмов наземного (филосфера), наземного (подстилка) и почвенного ярусов биогеоценозов. Выявлены различия в филогенетической структуре гидролитического прокариотного комплекса пространственно-сукцессионного ряда. Деструкция биополимеров в наземном ярусе осуществляется, главным образом, группой протеобактерий (альфа и бета). В почве гидролитический комплекс сменяется фирмикутами и актинобактериями. Показано, что наиболее активное разложение полисахаридов наблюдается в образцах чернозема и серой лесной почвы, в которых основными гидролитиками являются прокариоты, главным образом, актиномицеты. Показано наличие в почве *in situ* фермента хитиназы и хитиназного гена группы А, принадлежащего представителям групп *Actinobacteria* и *Firmicutes*. Гидролитические микробные сообщества почв разных климатических зон специфичны. Дегградация полисахаридов наиболее активно протекает в пустынно-степной зоне – при высоких температурах, в почвах средних и северных климатических зон – при более низких температурах. Показано, что в почвах при высоких температурах основными деструкторами полисахаридов являются прокариоты, при более низких температурах возрастает роль грибов. Внутри домена *Bacteria* при оптимальных для жизнедеятельности большинства микроорганизмов влажности (60 % от ПВ) и температуре (27 °С)

среди пектинолитических и хитинолитических доминантов исследуемых почв выделяются представители филогенетических групп *Firmicutes* и *Actinobacteria*. С возрастанием влажности и понижением температуры отмечается увеличение грамм отрицательных (альфа и бетапротеобактерий). С понижением влажности и возрастанием температуры особого внимания заслуживает резкое увеличение актинобактерий в исследуемом прокариотном микробном комплексе.

Знание масштабов распространения гидролитических микробных сообществ, устойчивых к экстремальным значениям экологических факторов, важно не только с теоретических позиций, но и в практическом аспекте в связи с такими проблемами, как получение устойчивых к экстремальным значениям температуры, рН гидролитических ферментов, применение микробов-гидролитиков для биоконтроля и биоремедиации, борьбы с фитопатогенными грибами.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И СОХРАНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАЙКАЛО-ХУБСУГУЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ (БХПТ) КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНА

Н.А. Мартынова

Иркутский государственный университет, natamart-irk@yandex.ru

Одними из основных задач Правительств Иркутской области, Республики Бурятия и Монголии являются сохранение уникальных экосистем озера Байкал (Россия) и озера Хубсугул (Монголия), рациональное использование природных ресурсов и устойчивое социально-экономическое развитие БХПТ. На протяжении последнего десятилетия экологическая обстановка в регионе стабилизировалась, тем не менее в крупных промышленных центрах она остается неблагоприятной. Устойчивое развитие региона, определяемое приоритетом соблюдения баланса между экономикой, социальным развитием и сохранением окружающей среды, сводится сегодня к уменьшению потребления природных ресурсов на единицу валового продукта и росту энергоэффективности экономики. Основные мероприятия по охране окружающей среды и снижению антропогенного воздействия на нее реализуются в рамках федеральных и областных программ, таких, как федеральная целевая программа Минприроды России «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории», областная государственная целевая программа И(ОГЦП) «Защита окружающей среды в Иркутской области» на 2006–2010 годы (утвержденная постановлением Законодательного Собрания Иркутской области от 22 сентября 2005 года № 12/45-ЗС). Сегодня как никогда актуальна выработка оптимальной политики в рамках российской и международной стратегий, которая позволит развивать экономику Прибайкалья таким образом, чтобы воздействие на уникальную экосистему озер Байкал и Хубсугул и их ландшафтное окружение не превышало их естественных способностей к самоочищению.

Большое разнообразие и особый характер распределения почвенно-растительного покрова региона обуславливается его положением в зоне контакта трех крупных природно-биогеографических областей – Среднесибирской таежной, Южносибирской гольцово-горно-таежной и Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таежной. Здесь проходят флористические и фитоценологические рубежи разных рангов, определяющих главные географические и экологические закономерности БХПТ, характеризующейся высокой степенью лесистости, что оказывает огромное влияние на экологию региона. Северные горные районы Монголии по своим природным условиям сходны и тесно связаны с Восточной Сибирью и Забайкальем. Бассейн озера Хубсугул, являющегося одним из стабильных основных питающих источников р. Селенги, а, следовательно, и озера Байкал, практически еще не затронут влиянием человека и может служить для воссоздания и расшифровки моделей эталонов природы. Уникальные экосистемы этих озер и места обитания характеризуются высокой степенью био- и почво-разнообразия, большим числом эндемичных видов, имеют огромное социальное, экономическое, культурное и научное значение для всего мирового сообщества. В настоящее время существует ряд угроз безопасности ландшафтам и уникальным экологическим системам озер. Одним из самых действенных механизмов преодоления всего комплекса проблем является создание каркаса поляризованных ландшафтов (Родман, 2002) из сети охраняемых территорий БХПТ. Для его создания необходима оценка экологической устойчивости почвенного покрова Байкало-Хубсугульской природной территории.

Непосредственно к побережью Байкала примыкают 10 (десять) особо охраняемых природных территорий, в том числе 3 заповедника, два национальных парка, 5 заказников. В Монголии вокруг оз. Хубсугул также создан национальный парк, смыкающийся на границе с Тункинским национальным парком. Земли ООПТ в Сибирском федеральном округе составляют самый большой процент в РФ – 46.8 % от общей территории ООПТ РФ, но от площади округа это всего лишь 3.1 %. Поэтому особую актуальность приобретает продолжение работ по созданию в Прихубсугулье и Прибайкалье системы крупных природных национальных парков. При соблюдении нормированных рекреационных нагрузок на почвенный покров БХПТ парки, помимо охраны уникальных экосистем озер, могут обеспечить сохранение эталонов природных комплексов, типичных для Байкальской и Хангай-Хентейской горных стран. Именно за счет сохранения относительно нетронутой природы БХПТ и увеличения площадей уже созданного каркаса ООПТ регион может повысить свой невысокий уровень индекса развития человеческого потенциала, составляющий сегодня 0.73–0.75. На севере Монголии национальный парк «Хубсугул» смыкается с Тункинским национальным парком (рис. 1), создавая таким образом природный каркас для организации на этой базе с расширением буферными и другими зонами территории Прибайкальского национального парка, национального парка Хамар-Дабана, Окинской, Ольхонской, и Закаменской «этнических территорий» так называемого «Международного парка мира».

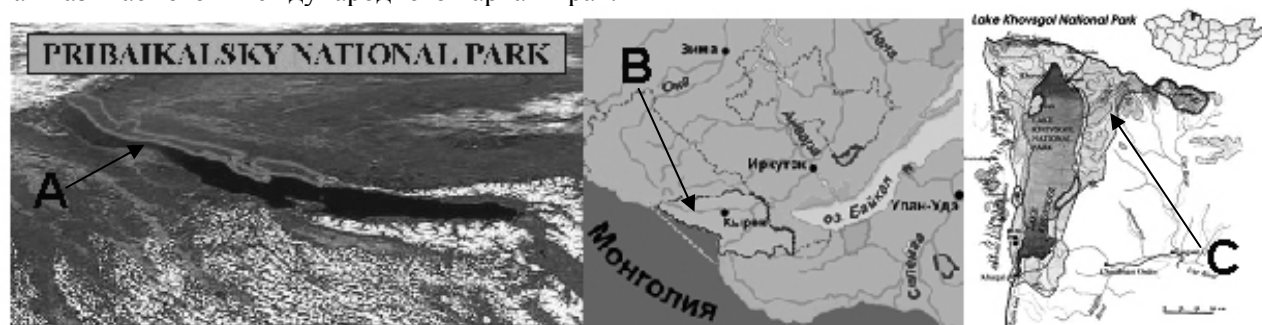


Рисунок 1. Национальные парки Байкало-Хубсугульской рифтовой зоны: А – Прибайкальский; В – Тункинский; С – Хубсугульский.

Стратегические цели региональной экологической политики необходимо сводятся к: 1) обеспечению устойчивого развития и экологической безопасности населения Иркутской области; 2) сохранению и развитию природного капитала; 3) улучшение эколого-инвестиционной привлекательности Иркутской области. Для реализации этих целей необходимо систематическое проведение мониторинга эколого-биологического состояния почв и ландшафтов, оценка земель, разработка на основе научных рекомендаций специального статуса территорий с ограничением режимов природопользования, усилением механизмов действенного контроля и охраны окружающей среды, внедрение комплексных программ политики землепользования. Необходима глубокая проработка ситуации с привлечением инвестиционного капитала, научных, административных, и общественных сил, в том числе и международных. Имеющийся в регионе опыт проведения совместной Российско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции Иркутского и Монгольского государственных университетов, продолжающейся уже 40 лет – яркий пример такого сотрудничества. Именно на основании рекомендаций ученых РМКХЭ был создан заповедник, который в 1995 г. был преобразован в национальный парк «Хубсугул».

Нами проведено комплексное изучение экологических особенностей почв и ландшафтов национальных парков Байкало-Хубсугульского бассейна: Прибайкальского, Тункинского и Хубсугульского. Уникальная территория (БХПТ), представляющая собой геосинклинальную область разломов земной коры, богатую полезными ископаемыми – Байкальскую рифтовую зону (БРЗ), относится к каледонскому Байкало-Саяно-Монгольскому складчатому поясу с наложенной на него кайнозойской структурой, возникшей в конце палеогена. Рифтовые впадины приурочены к зоне сочленения древнего континентального массива с каледонской складчатой системой, сформированной на месте позднерифейского океана. Здесь отмечается аномальная гравитационная и сейсмическая активность.

Большую часть бассейна составляют горы с перепадом высот от 460 до 3600 м, включающие породы всех геологических эпох, подверженные влиянию мерзлоты (промерзание до 3.5 м). Осадки выпадают очень нерегулярно и варьируя в пределах от 250 до 1000 мм (альпийские территории).

Широтная зональность элементов климата усложняется вертикальной поясностью. Экосистемы котловин озер Байкал и Хубсугул очень разнообразны и специфичны, с огромным числом эндемиков, отражают сочетания тундрового, таежного и степного типов природной среды. В БХПТ сформировались своеобразные каскадные ландшафтно-геохимические горно-озерно-котловинные природные комплексы с большим разнообразием почвенного покрова, где один из важнейших уровней занимают таежные пространства с таежными почвами. Значительный вклад в самобытность почвенного покрова вносят не только климатогенно-обусловленные, но и литогенно-унаследованные свойства территории с исключительным геологическим разнообразием.

Оценка экологической устойчивости почвенного покрова БХПТ сводится к анализу трех основных составляющих: широты рамок разнообразия и естественного функционирования, способности сопротивляться внешним воздействиям и возможностям релаксации после снятия нагрузок. Высокий радиационный баланс БХПТ, определяющий энергетику ландшафтообразующих процессов, как и невысокий радиационный индекс сухости и интенсивное латеральное геоматическое рассеивание, способствуют формированию относительно высокой устойчивости ландшафтов и снижению эффекта антропогенного воздействия на охраняемых и буферных территориях.

Уникальны для БХПТ ландшафты предгорных сухих степей с черноземами и каштановыми ксерофитными почвами. Региональная черта черноземов – их языковатость и карманистость, что является следствием позднедриасового криогенеза (около 11 тыс.л.н.), и голоценовой деградации мерзлоты. В комплексе с черноземами и каштановыми встречаются черноземовидные почвы с отдельными очагами засоления (солончаками Приольхонья). Почвенно-экологический мониторинг наиболее предпочтителен на выположенных водоразделах (плакорах) со степными криоаридными черноземовидными и каштановидными почвами БХПТ, имеющими сравнительно большую барьерную способность по отношению к химическим веществам, поступающим с атмосферными выпадениями. Наибольшую информацию несет отношение содержания подвижных форм соединений загрязняющих веществ в почвах элювиального ландшафта (стабильный, инвариантный компонент) к содержанию в почвах аккумулятивного ландшафта (компонент-индикатор).

Выходы на поверхность древних пород – гранитоидов Приморского разлома (возрастом 1800–1900 млн. лет), метаморфических пород Сарминской серии (1850 млн. лет), фосфоритов венд-кембрийского возраста (юго-западное Прихубсугулье) и др. обуславливают развитие в БХПТ редких почв, требующих изучения и охраны. На территории БХПТ встречаются и ландшафты с древними почвами. Самыми древними почвами являются красные ферсизаллитные почвы (5 млн.лет). Встречаются коричневые почвы (3.5 млн. лет) – аналоги современных субтропических почв, красно-коричневые (3 млн. лет), темно-коричневые слитые. В местах распространения кристаллических фосфоритов, известняков и доломитов распространены карболитоземы перегнойно-темногумусовые, темногумусовые (рендзины). Отмечается скрытосинлитогенный характер генезиса большинства полноразвитых почв БХПТ, что определяет специфику их почвообразования и помогает расшифровать эволюцию ландшафтов, оценить их инерционность и восстановимость и скорректировать подходы и механизмы их охраны.

УДК 631.111:631.417:631.445.4

ВЛИЯНИЕ ВИДА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Н.П. Масютенко, О.В. Нагорная

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск, vninp@kursknet.ru
Курская ГСХА им. И.И. Иванова

Почва – часть биогеоценоза, связанная с остальными его компонентами потоками вещества и энергии. Органическое вещество почвы (ОВ) является одним из основных естественных аккумуляторов и источников энергии на Земле, определяющих развитие почвы и формирование ее главного свойства – плодородия. Суммарные запасы энергии, связанной в гумусе почвенного покрова Земли, равны или несколько превышают количество энергии, накопленной надземной частью фитомассы суши (Ковда, Якушевская, 1971). В настоящее время нерациональное антропогенное воздействие на почвенную экосистему является мощным разрушающим фактором, приводящим к изменению экологического состояния почвы. Сельскохозяйственное использование черноземов приво-

дит к снижению содержания органического вещества, а, следовательно, и к сокращению запасов энергии в различных его компонентах. Эта проблема наиболее актуальна для ЦЧО, так как из-за высокого плодородия черноземные почвы сильнее всего подвержены антропогенному воздействию. В связи с этим проблема изучения и расходования их энергетических ресурсов становится чрезвычайно актуальной.

Рядом исследователей определены запасы энергии в гумусе некоторых почв (В.А. Ковда, 1970, 1973; В.Р. Волобуев, 1974; С.А. Алиев, 1978, 1980; Д.С. Орлов, Л.А. Гришина, 1981; А.П. Щербаков, И.Д. Рудай, 1983; В.М. Володин, Н.П. Масютенко, 1993, 1996; Н.П. Масютенко, 2003, 2005, 2006 и др.), показана общепланетарная роль гумуса как колоссального геохимического аккумулятора, главного хранителя солнечной энергии на земной поверхности.

Функция гумуса как источника и экономного распределителя энергии играет важную роль в формировании потоков вещества и энергии в биогеоценозах, эффективного плодородия почв, в обеспечении жизнедеятельности живых организмов, в том числе и высших растений, но изучена мало. Она тесно связана с продуцированием почвой углекислого газа и выделением его в атмосферу.

При разложении ОВ почвы вместе с углекислым газом выделяется энергия, которая в дальнейшем вовлекается в потоки энергии. Предлагаю изменить: При разложении ОВ почвы вместе с углекислым газом выделяется энергия, которая в дальнейшем вовлекается в общие потоки энергии.

Нами разработан метод определения энергии, выделяющейся при трансформации органического вещества почвы, на основе учета эмиссии диоксида углерода с поверхности почвы, позволяющий оценить энергетическую функцию ОВ почвы как источника энергии. Поэтому в данной работе изучено влияние землепользования на энергетические функции органического вещества чернозема типичного как аккумулятора, так и источника энергии.

Исследования проводились на территории многофакторного полевого стационарного опыта ВНИИЗиЗПЭ (Курская область, Медвенский район) в черноземе типичном тяжелосуглинистом на лессовидных суглинках на склоне северной экспозиции в лесополосе (24–26 лет), на залежи (20–22 лет), на пашне (без удобрений, отвальная обработка, зернопаропропашной севооборот) и в беспахотном пару, а также в некосимой степи (целина) Центрально-Чернозёмного государственного природного биосферного заповедника им. В.В. Алёхина.

В процессе исследования определяли содержание гумуса – по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель (1983), лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) и их состав – в 0.1 н вытяжке NaOH по методике Почвенного института им. В.В. Докучаева (Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв, 1984) с предварительным компостированием; негумифицированного органического вещества буровым методом с последующим отмыванием на ситах (Доспехов и др., 1987); микробную биомассу (МБ) – регидратационным методом (С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская и др., 1987); выделение CO₂ в полевых условиях – по методу Л.О. Карпачевского (1986); влажность почвы – весовым методом (А.Ф. Вадюнина, З.Н. Корчагина, 1986). Термодинамические характеристики гумусовых кислот почв определяли расчетными методами по Ю.Н. Водяницкому (2000) и С.А. Алиеву (1970) по их элементному составу. Энергетические показатели рассчитывались по методике, разработанной в ВНИИЗиЗПЭ (Масютенко, 2005).

Сельскохозяйственное использование черноземов привело к снижению в них энергопотенциала органического вещества и к изменению содержания энергии в различных его компонентах. При этом целинные почвы на плакорах вследствие недостаточного поступления в них органического вещества, повышенной минерализации гумуса и негумифицированного органического вещества из-за обработок потеряли 25–35 %, а при перенасыщении севооборотов пропашными культурами, недостаточном возделывании многолетних трав и нерациональных обработках – 33–55 % энергии, аккумулированной в органическом веществе. Запасы энергии в активной части ОВ пахотных почв сокращаются примерно в 2 раза, по сравнению с целинными, и составляют ~12–17 % от общего количества энергии, заключенной в органической части почвы, из них энергия ЛГВ – 8–14 %. Соответственно, доля энергии, заключенной в инертном гумусе (ИГ), от общих запасов энергии в ОВ пахотных почв на 16–18 % больше, чем в целинных. На целине запасы энергии в ОВ почвы и в ИГ оказались в 1.8–3.0 раза, а в ЛГВ и негумифицированном органическом веществе (НОВ) – в 3–6 раз выше, чем на пашне, в зависимости от степени эродированности.

Высокий энергопотенциал органического вещества почвы отмечен в лесополосе (3448 ГДж/га в слое 0–25 см) и на залежи (3284 ГДж/га в слое 0–25 см) во все годы исследования. В слое 0–25 см чернозема типичного на бессменном пару он на 25 % и 18 % меньше, чем в лесополосе и на залежи, соответственно. На залежи величина энергопотенциала в полуметровом слое почвы на 16 % меньше, чем в лесополосе, и на 12 % больше, чем в бессменном пару. В лесополосе энергопотенциал ОВ в рассматриваемом слое почвы в 1.1 раза и в 1.3 раза выше, чем, соответственно, на пашне с севооборотом и в бессменном пару. Вниз по профилю почвы запасы энергии в ОВ почвы уменьшаются. Особенно резко сокращается величина энергопотенциала ОВ с глубиной на пашне, разница между слоями 0–25 см и 25–50 см составляет 61 %. Величины компонентов, составляющих энергопотенциал ОВ почвы, также уменьшаются с глубиной.

Основные запасы энергии органического вещества чернозема сосредоточены в гумусе. Они в 1.1 раза и 1.2 раза меньше в почве в зернопаропропашном севообороте и в бессменном пару по сравнению с лесополосой. Наибольшие запасы энергии в ЛГВ отмечены в слое 0–25 см почвы в лесополосе, а наименьшие – на бессменном пару, причем они различаются в 2 раза. В слое почвы 25–50 см запасы энергии в ЛГВ по сравнению со слоем почвы 0–25 см резко сокращаются во всех исследуемых угодьях. Запасы энергии в лабильных фульвокислотах (ЛФК) преобладают над запасами энергии в лабильных гуминовых кислотах (ЛГК). Особенно четко это проявляется с глубиной. В слое 25–50 см запасы энергии в ЛФК в почве больше, чем в ЛГК: в лесополосе и на залежи – в 2.7 раза, в севообороте – в 4.1 и в бессменном пару – в 7 раз. Следовательно, чем выше антропогенная нагрузка на почву, тем большую часть в запасах энергии ЛГВ в 25–50 см слое почвы составляет энергия ЛФК.

Запасы энергии в микробной биомассе также максимальны в слое почвы 0–25 см и уменьшаются в слое 25–50 см: в лесополосе – на 15 %, на залежи – на 53 %, на пашне в севообороте – на 38 %, в бессменном пару – на 14 %. Интересен тот факт, что запасы энергии в МБ с глубиной в лесополосе и на бессменном пару уменьшаются практически одинаково, хотя в верхнем слое различаются в два раза. Вероятно, это вызвано тем, что в лесополосе равномерное распределение ОВ в исследуемых слоях связано с равномерным содержанием в них корней древесных растений. В бессменном пару, наоборот, содержание ОВ в слое 0–25 см резко падает и практически приближается к содержанию такового в слое 25–50 см, т.е. создаются одинаковые условия в обеспеченности почвы ОВ.

Выявлена наибольшая дифференциация по содержанию энергии в МБ между слоями 0–25 и 25–50 см на залежи и на пашне в севообороте. На залежи это, вероятно, связано с активизацией дернового процесса в верхних слоях почвы, большим количеством свежего органического вещества в ней, являющегося питательным субстратом для микроорганизмов, а на пашне в севообороте – поступлением растительных остатков именно в этот слой, накоплением в нем НОВ и благоприятными водно-физическими условиями для роста и развития микроорганизмов.

При максимальной антропогенной нагрузке на почву (бессменный пар) запасы энергии в инертном гумусе меньше на 21 % по сравнению с почвой, испытывающей минимальные антропогенные нагрузки (лесополосой). Почва, сформированная под лесополосой, характеризуется высоким уровнем энергопотенциала в органическом веществе почвы. На пашне запасы энергии в НОВ почвы в зернопаропропашном севообороте уменьшаются на 88 % по сравнению с лесополосой и на 81 % по сравнению с залежью. При максимальном антропогенном воздействии на почву – бессменном паровании – содержание энергии в негумифицированном органическом веществе почвы уменьшается по сравнению с лесополосой в 21 раз, с залежью – в 13 раз. А чем меньше антропогенная нагрузка на почву, например на залежи, тем больше в ней запасы энергии в ОВ почвы, которые за 20–22 года приблизились к таковым в лесополосе.

На основе разработанного нами метода была определена энергия, выделяющаяся при трансформации органического вещества почвы под различными угодьями, отличающимися степенью антропогенной нагрузки на почву. Установлено, что количество энергии, выделяющейся при трансформации органического вещества почвы, определенной по эмиссии CO₂ из почвы и характеризующей функцию ОВ почвы как источника энергии, зависит от степени антропогенного воздействия на почву и увеличивается в ряду угодий от лесополосы к бессменному пару в 2.0 и 3.5 раза в зависимости от года исследований. Показано, что большая часть энергии, выделяющейся в процессе трансформации ОВ почвы, образуется в агроценозах, особенно на паровых участках.

Нами рассчитана доля энергии, выделенной при трансформации ОВ почвы от запасов энергии в органическом веществе почвы в слое 0–10 см за год (табл. 1). Энергия, выделенная при трансформации ОВ почвы, составляет от 1.7–1.0 % и 2.2–1.1 % от общих запасов энергии в органическом веществе в лесополосе и на залежи, а на пашне в севообороте и в бессменном пару в 1.2 и 2 раза больше (табл. 1). Таким образом, рассматриваемый показатель с увеличением антропогенной нагрузки на почву возрастает. Доля рассматриваемой энергии, выделенной при трансформации органического вещества почвы, от общих запасов энергии в ОВ чернозема типичного изменяется по годам на всех угодьях, за исключением бессменного пара. Величина рассматриваемого показателя прямо связана со степенью антропогенной нагрузки на почву, изменяется в зависимости от гидротермических условий года, учитывает общие запасы энергии в ОВ почвы, поэтому его можно использовать для оценки экологического состояния почвы.

Таблица. Доля энергии (%), выделенной при трансформации ОВ почвы, от запасов энергии в органическом веществе чернозема типичного в 2005–2006 гг.

Угодье	2005 г.	2006 г.
Лесополоса	1.7	1.0
Залежь	2.2	1.1
Севооборот	2.7	3.4
Бессменный пар	3.5	3.5

Таким образом, количественно оценено влияние вида землепользования на энергетические функции органического вещества чернозема типичного. Показано, что с увеличением антропогенного воздействия на почву величина энергopotенциала органического вещества чернозема типичного, характеризующего его аккумулятивную функцию, снижается, а функция органического вещества как источника энергии увеличивается.

УДК 631.436

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ПОЧВЕ

Ф.Д. Михайлов

Сельскохозяйственный факультет университета «Сельчук», Конья, Турция

1. ВВЕДЕНИЕ

При моделировании процессов переноса тепла в почве возникает необходимость анализа решений уравнения теплопроводности, поскольку для практических расчетов теплового режима могут быть использованы приближенные решения, имеющие более простой вид и обладающие достаточной точностью, которые должны быть по возможности в более полном соответствии с физической картиной процессов распространения тепла в почве. Для этого целесообразно проанализировать влияние на процесс переноса тепла в почве наиболее часто используемые в практике упрощения, оценить влияние краевых условий, отдельных членов и коэффициентов дифференциальных уравнений, влияние размеров области на описываемый процесс.

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния граничных условий на разработку методики определения коэффициента температуропроводности почвы, основанной на решении обратных задач уравнения теплопереноса

2. ВЫБОР МОДЕЛИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПОЧВЕ

Известно, что одномерное распространение тепла в почве описывается классическим уравнением теплопроводности, которое (при отсутствии фазовых переходов влаги в почве и переноса тепла с влагой и в предположении, что температурные градиенты связаны только с вертикальным переносом тепла), имеет следующий вид [1–7]:

$$\partial T / \partial t = \kappa \partial^2 T / \partial x^2, \quad (\kappa = \lambda / c_v) \quad (2.1)$$

где $T(x, t)$ – температура почвы в точке x момент времени t ; κ – коэффициент температуропроводности; λ – коэффициент теплопроводности; c_v – объемная теплоемкость.

3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ

Для исследования влияния граничных условий при моделировании переноса тепла в почве необходимо поставить начальные и граничные условия.

Известно, что влияние начального условия практически не сказывается на распределения температуры почвы в момент наблюдения. Если момент времени который нас интересует достаточно удалён от начального, то имеет смысл пренебречь начальными условиями, поскольку их влияние на процесс с течением времени ослабевает. Особенно, при периодической постановке задачи (например, суточного или годового хода температуры почвы) начальное условие отсутствует [4–7].

Наиболее удобной характеристикой, которая может фигурировать в качестве граничного условия 1 – го рода, является динамика температура деятельной поверхности почвы в виде известной функции времени:

$$T(0, t) = \varphi(t) \quad (3.1)$$

где функция $\varphi(t)$ – выражает изменения температуры поверхности почвы от времени, аналитическое выражение которой необходимо определить заранее. Она может быть определена либо путем непосредственных измерений, либо расчетными методами.

Поскольку, в основном суточный (или годовая) ход температуры поверхности почвы является синусоидальной функцией времени, то с целью упрощения представляется целесообразным аппроксимировать $\varphi(t)$ периодическим тригонометрическим полиномом:

$$T(0, t) = \varphi(t) = T_0 + \sum_{j=1}^m T_j \cdot \cos(j\omega t + \varepsilon_j) \quad (3.2)$$

где T_0 – среднесуточная (или годовая) температура деятельной поверхности почвы; m – число гармоник; T_j – амплитуды колебаний температуры поверхности почвы; $\omega = 2\pi/\tau_0$ – круговая суточная (или годовая) частота; τ_0 – период (*длина*) волны выраженный в сутках или в годах; ε_j – сдвиги фаз, зависящие от начала отсчета времени.

Итак, при увеличении числа слагаемых в (3.2), приближение улучшается (уменьшается глубина колебаний). Чем больше гармоник, тем вероятнее получится точное описание $T(0, t)$, но тем дольше вычисление.

Вместо изменения температуры поверхности почвы можно принять условие воздействия на поверхность теплозащитных укрытий с температурой T_b при среднем значении коэффициента конвективной теплоотдачи α . Тепло, поступающее к поверхности почвы от теплозащитных укрытий вследствие конвекции, распространяется в нем посредством теплопроводности. Граничное условие для задачи такого типа имеет вид:

$$\lambda \partial T(0, t) / \partial x = \alpha [T(0, t) - T_b] \quad (3.3)$$

где α – коэффициент конвективного теплообмена; T_b – температура воздуха, $T(0, t)$ – температура поверхности почвы.

Определенный интерес представляет задание граничных условий на глубине. Обычно нижнее граничное условие задается с учетом того факта, что температурные колебания быстро затухают с глубиной.

В качестве второго граничного условия обычно принимается постоянство температуры на достаточно большой глубине. При этом возможны два варианта записи граничного условия. В первом варианте предполагается, что температура почвы становится постоянной только при $x \rightarrow \infty$, т.е.

$$T(\infty, t) = T_0 \quad (3.4)$$

Во втором варианте температура почвы не изменяется начиная с глубины $x \geq L$, т.е.

$$T(L, t) = T_0 \quad (3.5)$$

или

$$\partial T(L, t) / \partial x = 0 \quad (3.6)$$

4. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПОЧВЕ

Нам следует рассмотреть решение задачи, в которых заданы краевые условия и отсутствуют начальные.

Решение уравнения (2.1) при краевых условиях (3.2) и (3.4) в безразмерных переменных имеет вид [2]:

$$T(y, \tau) = T_0 + \sum_{j=1}^m \Phi_j(y, b_j) \cdot \cos[j\bar{\omega}\tau + \alpha_j(y, b_j)] \quad (4.1)$$

где $y = x/L$, $\tau = \kappa t/L^2$, $b_j = \sqrt{j\bar{\omega}/2}$, $\bar{\omega} = \omega L^2/\kappa$ и

$$\Phi_j(y, b_j) = T_j \cdot e^{-b_j y}, \quad \alpha_j(y, b_j) = \varepsilon_j - \psi_j(y, b_j), \quad \psi_j(y, b) = b_j y \quad (4.2)$$

Можно показать, что решение уравнения (2.1) при граничных условиях (3.2) и (3.5) на нижней границе также имеет вид (4.1), где функции Φ_j и ψ_j при граничных условиях (3.2) и (3.5) определяются через:

$$\Phi_j(b_j, y) = T_j \cdot K_j^-(b_j, y), \quad \psi_j(y, b_j) = \arctan\left[P_{2j}^-(y, b_j)/P_{1j}^-(y, b_j)\right] \quad (4.3)$$

а при граничных условиях (3.2) и (3.6) определяются через:

$$\Phi_j(b_j, y) = T_j \cdot K_j^+(b_j, y), \quad \psi_j(y, b_j) = \arctan\left[P_{2j}^+(y, b_j)/P_{1j}^+(y, b_j)\right] \quad (4.4)$$

$$\text{где } K_j^\pm(b_j, y) = \sqrt{\frac{\text{ch}(d_j) \pm \cos(d_j)}{\text{ch}(2b_j) \pm \cos(2b_j)}}, \quad d_j = 2b_j(1-y), \quad q_j = b_j(2-y) \quad (4.5)$$

$$P_{1j}^\pm = \text{ch}(q_j) \cos(b_j y) \pm \text{ch}(b_j y) \cos(q_j), \quad P_{2j}^\pm = \text{sh}(q_j) \sin(b_j y) \pm \text{sh}(b_j y) \sin(q_j) \quad (4.6)$$

Среднеинтегральное решение (2.1) при (3.2) и (3.4)–(3.6) имеет вид:

$$\bar{T}(\tau) = \int_0^1 T(y, \tau) dy = T_0 + \sum_{j=1}^m M_j(b_j) \cdot \cos[j\bar{\omega}\tau + \hat{\alpha}_j(b_j)] \quad (4.7)$$

где $M_j(b_j)$ и $\hat{\psi}_j(b_j)$ при граничных условиях (3.2) и (3.4) определяются через:

$$M_j(b_j) = T_j \cdot \sqrt{\frac{\text{ch}(b_j) - \cos(b_j)}{b_j^2 e^{b_j}}}, \quad \hat{\psi}_j(b_j) = \arctan\left\{\frac{1 - e^{-b_j} [\sin(b_j) + \cos(b_j)]}{1 + e^{-b_j} [\sin(b_j) - \cos(b_j)]}\right\} \quad (4.8)$$

при граничных условиях (3.2) и (3.5) определяются через:

$$M_j(b_j) = \frac{T_j \cdot \sqrt{\text{sh}^2(b_j) + \sin^2(b_j)}}{\sqrt{2} b_j [\text{ch}(b_j) + \cos(b_j)]}, \quad \hat{\psi}_j(b_j) = \arctan\left[\frac{\text{sh}(b_j) - \sin(b_j)}{\text{sh}(b_j) + \sin(b_j)}\right] \quad (4.9)$$

а при граничных условиях (3.2) и (3.6) определяются через:

$$M_j(b_j) = \frac{T_j \cdot \sqrt{\text{sh}^2(2b_j) + \sin^2(2b_j)}}{\sqrt{2} b_j [\text{ch}(2b_j) + \cos(2b_j)]}, \quad \hat{\psi}_j(b_j) = \arctan\left[\frac{\sin(2b_j) - \text{sh}(2b_j)}{\sin(2b_j) + \text{sh}(2b_j)}\right] \quad (4.10)$$

Частные случаи решений (4.1) и (4.7) с (4.3)–(4.6) и (4.8)–(4.10) приводятся в работах [4, 6].

5. РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПОЧВЕ

Если температура поверхности почвы в течение суток (года) может выражаться одной гармоникой, то коэффициент температуропроводности k можно найти из величины уменьшения суточной амплитуды температуры с глубиной или по запаздыванию фазы температурной волны на разных глубинах [1, 2, 4, 6]. Такое определение допускает ощутимые погрешности из-за того, что температура почвы не всегда изменяется по синусоидальному закону. Введение же второй гармоники в (3.2) приближает ход температуры деятельной поверхности почвы к реальной картине.

Используя решение (4.1) для $m=2$ можно вывести формулу для определения коэффициента температуропроводности κ для произвольного периода τ_0 и безразмерной глубины y . Для этого

необходимо знать распределение температуры в почвенном слое $[0, L]$ для *восьми моментов времени* на расчетном интервале времени τ_0 .

Далее этого используя решение (5.1) для $m=2$ сначала для произвольной глубины y и времени $t_i = i \cdot \tau_0 / 8$ следует написать следующие 8 уравнений:

$$T(y, t_i) = T_0 + \Phi_1 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}i + \alpha_1\right) + \Phi_2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}i + \alpha_2\right), \quad (i = \overline{1, 8}) \quad (5.1)$$

После некоторых преобразований этих уравнений имеем:

$$\sum_{i=1}^4 [T(y, t_i) - T(y, t_{i+4})]^2 = 8\Phi_1^2(y, b_1) \quad (5.2)$$

На основе решения (4.7) $m=2$ можно вывести среднеинтегральную формулу для определения коэффициента температуропроводности κ для произвольного периода τ_0 .

Сначала решение (4.7) для двух гармоник, т.е. $m=2$ преобразуем, а далее аналогично (5.1) напишем 8 уравнений и имеем следующую формулу:

$$\sum_{i=1}^4 [\bar{T}(t_i) - \bar{T}(t_{i+4})]^2 = 8M_1^2(b_1) \quad (5.3)$$

Функции в правой части уравнений (5.2) и (5.3), т.е. $\Phi_1(y, b_1)$ и $M_1(b_1)$, в зависимости от граничных условий определяется соответственно из (4.2)–(4.4) и (4.8)–(4.10). $T(y, t_i)$ – значения температуры почв в безразмерной глубине y , а $\bar{T}(t_i)$ – осредненные значения температуры почвенного слоя $[0, L]$ в момент времени $t_i = i \cdot \tau_0 / 4$ ($i=1, 2, \dots, 8$). Например, если $\tau_0 = 24$ час, то $t = 3, 6, 8$ и 24 час.

Используя графики для функции $\Phi_1(y, b_1)$ и $M_1(b_1)$, приведенные в работе [4], можно найти величину параметра $b = b_*$, откуда находится значение коэффициента температуропроводности через формулы:

$$\kappa^* = \frac{\pi \cdot L^2}{\tau_0 \cdot b_*^2} \quad (5.4)$$

В отличие от ранее разработанных методов [4], здесь для определения κ требуется знать заранее распределение температуры $T(y_*, t_i)$ по времени в почвенном слое $[0, L]$ на произвольной безразмерной глубине $y_* = x/L$ и $\bar{T}(t_i)$ для *восьми моментов времени*, которое позволяет с более высокой точностью определить параметр κ .

6. РЕЗУЛЬТАТЫ

С целью установления влияния граничных условий на поверхности почвы на решение обратных задач моделирования теплопереноса в почве, нами были проведены экспериментальные исследования.

Задача исследований состояла в том, чтобы рассчитать коэффициент κ в почвах на основе существующих методов, разработанных для случая одной гармоники и нами предложенных – двумя гармониками и их сравнение.

Исследования проведены в почвенных колонках, взятых на опытной станции сельскохозяйственного факультета университета «Сельчук» (г. Конья). Ход изменения температуры почвы во времени (1, 2, ..., 24 час) и на глубине (0, 10, 20, ..., 100 см) определяли с помощью компьютерной измерительной системы EDLS (Elimko Data Logger Sistem), оборудованной для экспериментов в полевых и лабораторных условиях.

Для определения параметров поверхности почвы в (3.2) приняли одну и две гармоники. Используя результаты измерений, с помощью метода наименьших квадратов определили параметры распределения температуры поверхности исследуемых почв:

$$T(0, t) = \varphi_1(t) = 23.6375 + 10.1869 \cos(0.2618t + 2,5349)$$

$$T(0, t) = \tilde{\varphi}_2(t) = 23.6375 + 10.1869 \cos(0.2618t + 2,5349) + 4.6393 \cos(0.5236t - 0,7469)$$

В таблице 6.1 представлены результаты расчета параметров T_0, T_j и ε_j , а также статистические характеристики между $T(0, t_i)$ – исходными данными и $\tilde{T}(0, t_i)$ – вычисленными по формуле (3.2) для $m=1$ и $m=2$.

Таблица 6.1. Параметры поверхности почвы

Число гармоники	$m = 1$		$m = 2$	
	Среднесуточная температура поверхности почвы	T_0	23.6375	T_0
Амплитуда колебаний температуры поверхности почвы	T_1	10.1869	T_2	4.6393
Сдвиг фазы	ε_1	2.5349	ε_2	-0.7469
Статистические параметры аппроксимации				
Корреляционное отношение	η	0.9059	η	0.9955
Стандартная ошибка T по t	$\sigma_{T/t}$	3.5993	$\sigma_{T/t}$	08514
Критерий надежности корреляционного отношения	θ_η	24.7532	θ_η	537.2737
Средняя относительная ошибка аппроксимации	$\bar{\varepsilon}$	14.5208	$\bar{\varepsilon}$	2.6396

Как видно из табл. 6.1, введение второй гармоники позволяет с высокой точностью определить параметры распределения температуры на поверхности почвы, т.е. (3.2) для $m=2$.

Далее, используя исходные данные с помощью существующих и предложенных методик, определили значения коэффициента температуропроводности (κ).

Результаты выявили различия в значениях коэффициента κ в исследуемых почвах по этим методам (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Средние значения коэффициента температуропроводности κ ($\text{м}^2/\text{сек}$), вычисленные различными методами.

Граничные условия	Методы	Число гармоники	
		$m=1$	$m=2$
Точечные Методы			
$T(\infty, t) = T_0$	по формуле (4.2)	$6.965 \cdot 10^{-6}$	$8.475 \cdot 10^{-6}$
$\partial T(L, t) / \partial x = 0$	по формуле (4.4)	$5.479 \cdot 10^{-6}$	$6.346 \cdot 10^{-6}$
Среднеинтегральные Методы			
$T(\infty, t) = T_0$	по формуле (4.8)	$6.519 \cdot 10^{-6}$	$7.604 \cdot 10^{-6}$
$\partial T(L, t) / \partial x = 0$	по формуле (4.10)	$7.359 \cdot 10^{-6}$	$8.406 \cdot 10^{-6}$

Также изучено влияние граничных условий на поверхности почвы 3-го рода и на глубине 1-го и 2-го рода. Анализ результатов расчетов показал, что решения уравнения (2.1) при граничных условиях 1-го и 3-го рода на входе дают значительные расхождения для чисел Пекле $= aL/\kappa$, причем отличия в значениях безразмерной температуры $\theta(x, t)$ в почве особенно значительны в верхней части толщи почвы (L).

Далее установлен критерий, при выполнении которого конечную глубину $[0, L]$ почвы можно считать полубесконечной. На основе этого критерия можно рекомендовать вычисление распределения температуры в почве конечной толщины, более простым решением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герайзаде А.П. Термо- и влагоперенос в почвенных системах.-Баку.: Элм, 1982. – 159 с.
2. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Наука, 1964. 486 с.
3. Куртнер Д.А., Чудновский А.Ф. Агрометеорологические основы тепловой мелиорации почв. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 231 с.
4. Михайлов Ф.Д., Шеин Е.В. Теоретические основы экспериментальных методов определения температуропроводности почв // Почвоведение, 2010, № 5, с. 597–605.
5. Рычѐва Т.А. Моделирование температурного режима дерново-подзолистой почвы: определяющая роль условий на поверхности // Почвоведение. 1999. № 6. С. 697–703.

6. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
7. Чудновский А.Ф. Теплофизика Почв. М.: Наука, 1976. 352 с.

УДК 504.05 (504.73:504.53.054)

К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ УРБОЭКОСИСТЕМ

Т.А. Михайлова, О.В. Шергина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, sherolga80@mail.ru

В условиях существенного роста городов возникает необходимость решения одной из основных задач – познание особенностей функционирования урбоэкосистем, механизмов их устойчивости и выявления векторов нарушений под влиянием деятельности человека. Обзор литературы по данной тематике свидетельствует, что пока остаются недостаточно проработанными такие аспекты, как значимость почв и растений в биогеохимическом перераспределении техногенных потоков вещества на городской территории, специфика гомеостатического состояния и процессов трансформации растительных организмов и почв в условиях городской среды. С этих позиций разработка комплексной оценки фактического состояния городских территорий представляется весьма актуальной. По нашему мнению, изучение почв и древесных растений как взаимосвязанных компонентов урбоэкосистемы позволяет объективно оценить интенсивность антропогенного воздействия и степень неблагополучия экологической ситуации в городах. Поскольку именно почвы и растения занимают ключевые средообразующие и средозащитные позиции в обеспечении устойчивости наземных экосистем при воздействии комплекса негативных факторов.

Наши многолетние исследования урбанизированных территорий Восточной Сибири свидетельствуют, что почва как компонент урбоэкосистемы обладает большей устойчивостью к антропогенной нагрузке, более высокой способностью к нейтрализации загрязняющих веществ, чем растительность (Михайлова и др., 2006; Шергина, Михайлова, 2007). В то время как древесные растения, особенно хвойные, являются компонентом, более уязвимым для воздействия антропогенных факторов. По нашему мнению, в комплексных исследованиях урбоэкосистем оба эти компонента (почвенный покров и древесная растительность) необходимо рассматривать в тесной взаимосвязи.

Предлагаемый нами подход учитывает влияние основных негативных факторов, определяющих состояние почв и растений в городах – уровня загрязнения атмосферного воздуха и степень рекреационной нагрузки. Исходя из этого, подразумевается детальный анализ связей между параметрами растений и свойствами почв (профильно-генетический уровень исследований), изучение биогеохимического перераспределения элементов, поступающих с техногенными выбросами, а также выявление связи между дисбалансом элементов питания и жизненным состоянием древесных растений.

Таким образом, чтобы оценить состояние почв и растений на урбанизированных территориях с наибольшей степенью адекватности, подход должен базироваться на следующих основных положениях: а) наличие тесной связи между параметрами растений и свойствами почв определяет необходимость исследования почв на профильно-генетическом уровне; б) поскольку атмосферные поллютанты включаются в природные биогеохимические циклы и перераспределяются в компонентах городской среды, требуется выявить их роль в формировании и нарушении питательного статуса древостоев в урбоэкосистеме; в) анализ и обобщение полученных результатов осуществляется с использованием методов математической формализации, что повышает объективность при выявлении основных направлений трансформации состава элементов питания растений и почв в условиях воздействия негативных факторов городской среды.

При этом в задачи исследования, которые решаются при комплексной оценке почв и древесных растений, должно входить изучение репрезентативных показателей состояния (в том числе: морфометрические параметры, элементный химический состав ассимиляционных органов хвойных и лиственных пород) деревьев, произрастающих на урбанизированных и фоновых территориях с различным биогеохимическим фоном; исследование морфологических, физических и химических свойств основных типов почв и их изменение в условиях техногенной нарушенности городских территорий; определение геохимической специфики накопления и миграции биогенных и техногенных элементов в системе почвенного профиля на городских территориях; изучение биогеохимического перераспределения потоков биогенных и техногенных элементов в системе «почва-

растение» на городских территориях в сравнении с фоновыми; определение степени устойчивости (буферной способности) городских почв по отношению к элементам-загрязнителям и кислотным нагрузкам в урбоэкосистемах; исследование дисбаланса биогенных и техногенных элементов в почвах и растениях урбанизированных территорий и обоснование их оптимальных соотношений с учетом фоновых региональных показателей; выявление связи между изменением морфоструктурных показателей почв и растений и биогеохимическим перераспределением элементов в системе «почва-растение» в условиях техногенеза; разработка рекомендаций по улучшению состояния древесной растительности и почв на территориях городов, направленных на снижение вредных техногенных последствий и улучшение качества окружающей среды; построение интегральных карт-схем загрязнения и состояния растительности и почвенного покрова, отражающих степень нарушения и уровень загрязнения урбанизированных территорий, и выделение районов с неблагоприятными экологическими условиями для проживания населения.

Таким образом, сложность таких объектов исследования, как почвенный покров и древесная растительность при комплексной оценке городских территорий предусматривает изучение целого спектра обуславливающих его и связанных с ним составляющих, вследствие чего в разработанном подходе, наряду с комплексным характером, просматривается также и системный алгоритм научного анализа результатов. Исходя из этого, можно говорить об определенной степени новизны предлагаемого подхода.

Разработанный подход был применен нами для оценки состояния почв и растений ряда промышленных городов Восточной Сибири – Иркутска, Шелехова, Тайшета, Ангарска, Усолья-Сибирского. Полученные результаты свидетельствуют, что на урбанизированных территориях происходит значительное изменение ряда морфологических и физических свойств почв, обнаруживаются выраженные изменения морфоструктурных и визуальных параметров древесных растений. Показано, что при увеличении уровня техногенного загрязнения городской среды происходит активное накопление и интенсивная миграция элементов-загрязнителей в системе «почва – древесные растения». Обнаружено, что поллютанты неорганической природы (тяжелые металлы и диоксид серы) оказывают сильное негативное воздействие на питательный статус деревьев и физико-химические свойства почв. Так, на городской территории аккумуляция токсикантов в ассимиляционных органах древесных растений является значимым фактором, вызывающим нарушение их ростовых характеристик. Высокий уровень (до 25 раз) элементов-загрязнителей в хвое и листьях городских деревьев вызывает дисбаланс между биогенными элементами и поллютантами. Существенно увеличивается доля свинца, а также серы на фоне снижения долей азота, фосфора, кальция, магния, калия, марганца. Также обнаружено значительное содержание элементов-загрязнителей во всех генетических горизонтах серых лесных почв региона. Особенно высокий их уровень выявлен в гумусово-аккумулятивных и иллювиальных текстурных горизонтах, где фоновые значения превышены в 20 раз. Установлены нарушения в составе ППК, обусловленные изменением кислотного режима и увеличением содержания элементов-загрязнителей в почвенном растворе генетических горизонтов. Наличие достоверных корреляционных связей между содержанием элементов-загрязнителей в горизонтах почвенного профиля и уровнем их концентрации в хвое и листьях городских деревьев подтверждает высокую экологическую значимость почвенного покрова и древесных растений в перераспределении потоков загрязняющих веществ на урбанизированной территории. Таким образом, применение нами разработанного подхода позволило адекватно оценить современное экологическое состояние городских территорий Восточной Сибири, подверженных рекреационной нагрузке и химическому загрязнению, а также спрогнозировать возможные пути трансформации природных компонентов при разном уровне антропогенного воздействия.

ОСОБЕННОСТИ АЗОТНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ
ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПОСЕВЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПЛАСТУ
КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО 2 Г.П.

Н.М. Мудрых

ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова», nata020880@mail.ru

Почвенный покров Пермского края представлен в основном дерново-подзолистыми почвами (69.6 % площади пашни), характеризующимися низким естественным плодородием. Поэтому при возделывании на них сельскохозяйственных культур, растения предъявляют повышенное требование к элементам питания и особенно к азоту. Известно, что растения поглощают только NH_4^+ и NO_3^- формы азота, источниками которых в основном являются азотные удобрения. С увеличением стоимости удобрений и затрат на их применение, азотные удобрения не используются в количествах, обеспечивающих оптимальное азотное питание растений и соответственно приемлемый уровень урожайности. В последнее время большое внимание уделяется изучению альтернативных источников дешёвого и экологически безопасного азота, одним из которых, является биологический азот, оставляемый в почве многолетними бобовыми культурами в составе растительных остатков.

В настоящей работе обобщены полученные результаты по изучению азотного питания пшеницы, выращиваемой по пласту клевера 2 г.п. Исследования проводили на учебно-научном опытном поле ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА» в соответствии со стандартной методикой Б.А. Доспехова и А.С. Пискунова. Для определения количества поступления в почву пожнивно-корневых остатков и азота в их составе, после уборки клевера 2 г.п. отбирали монолиты в соответствии с методикой Н.З. Станкова. Почвы опытных участков дерново-мелкоподзолистые тяжелосуглинистые, которые по комплексу агрохимических показателей, можно охарактеризовать как среднекультурные.

Учёт поступления в почву пожнивно-корневых остатков и азота в их составе показал, что клевер луговой 2 г.п., выращиваемый на указанных выше почвах, существенно обогащает их азотом (220–438 кг/га), и как следствие, должен улучшать их азотный режим.

Для выяснения влияния невысоких доз азотных удобрений (20, 40 и 60 кг д.в./га), при значительном поступлении азота в почву в составе растительных остатков клевера, на условия азотного питания растений, изучили динамику минеральных и легкогидролизуемой форм азота в слоях 0–20 и 20–40 см. Полученные результаты обобщены и представлены ниже.

В слое почвы 0–20 см в течение вегетационного периода в вариантах с азотными удобрениями отмечается более высокое содержание минерального азота ($N_{\text{мин}}$). Например, в фазу кущения в контрольном и фоновых вариантах ($(\text{PK})_{60-90}$), его содержание находилось на уровне 23.7–30.2 мг/кг, а в удобренных азотом – 32.5–46.7 мг/кг. В слое почвы 20–40 см преимущества по содержанию $N_{\text{мин}}$ вариантов с внесением азотных удобрений не наблюдается. Более высокое содержание $N_{\text{мин}}$ в удобренных азотом вариантах по сравнению с обоими фосфорно-калийными фонами отмечено в фазу кущения и в фазу колошения, а также после уборки пшеницы.

Содержание легкогидролизуемого азота в течение вегетационного периода пшеницы остаётся примерно на одном и том же уровне во всех вариантах опыта. Можно лишь отметить некоторое уменьшение содержания данной формы азота в фазу выхода в трубку. Какая-либо зависимость между содержанием легкогидролизуемого азота в изучаемых слоях почвы и применением азотных удобрений не выявлена.

Следует отметить, что даже при значительном обогащении почвы биологическим азотом, растения пшеницы отзываются на дополнительное внесение азота в виде минеральных удобрений. Что касается вопроса об азотном питании растений пшеницы, выращиваемой по пласту клевера 2 г.п., можно сделать вывод о том, что внесение в почву более 40 кг д.в./га азотных удобрений нецелесообразно, так как это приводит к нарушению оптимального соотношения элементов питания растений, и как следствие, снижению урожайности.

РОЛЬ ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗА В ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ И СОВРЕМЕННОМ
ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЧЕРНОЗЕМОВ

А.Ю. Овчинников^{1,2}, В.М. Алифанов^{1,2}, Л.А. Гугалинская^{1,2}, Д.А. Попов¹, И.М. Вагапов², А.Г.
Кондрашин², К.М. Рапацкая²

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино
²Пушинский государственный университет, ovchinnikov_a@inbox.ru

Проблемы, касающиеся изучения генезиса и эволюции почв, в частности черноземов, центра Восточно-Европейской равнины сохраняются и в настоящее время. Появляются новые материалы и представления. Например, было показано, что следы палеокриогенных процессов отчетливо проявляются в почвенных профилях, заметно влияют на современные почвенные процессы, свойства и почвенный покров (Алифанов, 1995; Алифанов, Гугалинская, Овчинников, 2010).

В почвообразующих породах почв центра Восточно-Европейской равнины в средне- и позднеплейстоценовое время сформировались полигонально-трещинные системы, которые проявились на современной дневной поверхности в виде микрорельефа, оказывающего влияние на строение профилей современных и погребенных почв, почвенного покрова.

Изучение формирования современных и погребенных почв, начиная с самых ранних этапов, связанных с активным проявлением палеокриогенеза, имеет значение для расширения научной базы, как почвоведения, так и смежных наук о Земле.

Научным коллективом ранее проводились исследования на разных подтипах черноземов. Данное исследование было проведено в ареале северных подтипов черноземов в Тульской области. Разрез был заложен в обнажении карьера и представлял собой траншею длиной 14 и глубиной 8 метров.

В результате проведенного исследования выяснилось, что:

1. Цикличность процессов лито-, крио- и педогенеза проявляется как во времени, так и в пространстве. Изменения природных условий определяют чередование литологических слоев и погребенных почв с характерными признаками палеокриогенеза, которые создают полигональную неоднородность строения дневной поверхности.

2. На формирование и функционирование современных почв, в частности, черноземов, влияют, как выяснилось разновозрастные явления палеокриогенеза. В результате формируется временная связь процессов литогенеза, палеокриогенеза и почвообразования на территории центра Восточно-Европейской равнины от позднеплейстоценового до голоценового времени.

3. Каждому из элементов палеокриогенного микрорельефа (блок, межблочье) соответствует свой тип профиля, определяемый наличием или отсутствием определенных генетических горизонтов, формой и степенью выраженности отдельных морфологических признаков, изменчивостью физико-химических и физических свойств и палеокриогенных деформаций генетических горизонтов. Палеокриогенный микрорельеф определяет пространственную изменчивость величин магнитной восприимчивости (МВ).

4. Позднеплейстоценовые покровные лессовидные суглинки и погребенные почвы центра Восточно-Европейской равнины представляют собой циклически построенную толщу. Голоценовое почвообразование, наложившись на эти толщи, унаследовало и (или) трансформировало некоторые из признаков реликтового перигляциального почвообразования.

5. Многочисленные и разнообразные реликтовые криогенные явления дифференцируют почвенный покров.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проектам № 11-04-00354 и № 11-04-01083; Программы Президиума РАН; Программы 2.1.1/13314 «Развитие научного потенциала высшей школы».

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

М.Г. Опекунова

Санкт-Петербургский государственный университет, m.opkunova@mail.ru

Башкирское Зауралье – один из основных поставщиков концентратов медноколчеданных руд в России. На его долю приходится 24.4 % товарной продукции цветной металлургии, причем добыча Cu в концентратах составляет 12–15 %, а Zn – 49 % от общероссийской. Горнорудные предприятия региона оказывают всестороннее воздействие на окружающую среду региона, включая ландшафтно-деструктивные, параметрические и эмиссионные нарушения. Одним из наиболее существенных является загрязнение всех компонентов ландшафта, в том числе почв, тяжелыми металлами (ТМ). В результате деятельности Сибайского филиала ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (УГОК), ООО «Башмедь», ЗАО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат», ОАО «Башкирский медно-серный комбинат» (БМСК) ежегодно образуются миллионы тонн вскрышных пород, обогащенных Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd, As и т.д. Так, например, только за 2008 г. было образовано 29.4 млн.т отходов, что составило 99 % от их общего объема по району. Общий объем накопленных вскрышных пород на территории Сибайского ТК по состоянию на 01.01.2009 г. достиг 600 млн. тонн. ТМ и As поступают на поверхность почв, вовлекаются в биологический круговорот и перераспределяются в результате латеральной и радиальной миграции, образуя вторичные техногенные ореолы рассеяния.

С 1998 г. сотрудниками кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ проводятся комплексные биогеохимические исследования, включающие оценку воздействия БМСК, УГОК и «Башмедь» на природно-территориальные комплексы (ПТК) Баймакского и Хайбуллинского районов Башкортостана, а также территории городов Сибай и Учалы [1–3 и др.]. Изучаются ПТК по мере нарастания антропогенного стресса, расположенные на различном удалении от предприятий горнорудного производства – ПТК вблизи пос. Калининское, Старый Сибай, Семеновское, оз. Талкас и Култубан. В комплекс исследований входит определение экологического состояния почв, основанное на сравнительном анализе валового содержания Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd, Ni, Co, Hg, Ti, Sc, Sr и As и подвижных форм Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Ni и Co, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером (рН=4.8), в почвах фоновых и антропогенно нарушенных участков. В качестве условно фоновых приняты ПТК вблизи пос. Мукасово и пос. Туркменево, расположенные в 25–35 км от г. Сибай вне прямого воздействия горнорудных предприятий, но находящиеся в пределах естественной геохимической аномалии Красноуральско-Сибай-Гайской рудоносной зоны.

Как показали проведенные исследования, в целом для почв региона характерны высокие содержания большинства изученных ТМ (табл. 1). Прежде всего, обращают на себя внимание аномально высокие валовые концентрации Cu, Zn и Fe в почвах, обусловленные природными геологическими факторами. Концентрация подвижных форм ТМ в почвах может сильно варьировать (табл. 2). Она определяется совокупностью факторов, из которых наибольшее значение имеют положение ПТК в элементарном геохимическом ландшафте, тип миграции, метеорологические условия, кислотность почв и удаленность от источников антропогенного загрязнения. В целом, большую роль играют погодные условия и, прежде всего, количество выпавших осадков и влажность почв, так что по годам на одних и тех же пробных площадках отмечаются существенные различия в концентрации подвижных форм ТМ (табл. 3). Наблюдаются резкие изменения концентрации подвижных форм ТМ по профилю в рельефе. Так, высоким содержанием Mn характеризуются почвы подчиненных ПТК в нижней части склона увала. Максимальная концентрация Fe, Cu и Zn, в основном приходится на средние части склонов и на вершины увалов. Содержание подвижных форм Pb и Ni в почвах различных ПТК практически не изменяется. В почвах фоновой территории доля подвижных форм ТМ составляет 0.1–3 % от их валового содержания. В засушливые годы она уменьшается до 0.01 %, а во влажный период может достигать 3–5 %, что объясняется деятельностью почвенных организмов, фенологическими изменениями интенсивности поглощения химических элементов растениями и другими факторами.

Таблица 1. Валовое содержание некоторых ТМ в почвах Башкирского Зауралья, мг/кг
(среднее/минимальное–максимальное значения)

ПТК	Cu	Zn	Ni	Fe	Mn
Фоновая территория, п. Мукасово-Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона (n=35)	<u>49</u> 30–82	<u>235</u> 137–517	<u>34</u> 16–74	<u>40563</u> 17336–106310	<u>1457</u> 324–10957
пос. Калининское, приусадебные участки вблизи хвостохранилища БМСК (n=12)	<u>153</u> 97–205	<u>460</u> 328–622	<u>53</u> 43–68	<u>31 694</u> 30138–33083	<u>704</u> 681–736
Берег оз. Култубан, в 10 км к югу от Сибайской обогатительной фабрики и карьера БМСК (n=26)	<u>292</u> 125–520	<u>223</u> 50–630	<u>92.5</u> 54–160	н/о	<u>3259</u> 900–15000
г. Сибай, микрорайоны города (n=150)	<u>248</u> 83–632	<u>487.3</u> 224–762	<u>49</u> 38–99	<u>34667.4</u> 22173–44795	<u>1338</u> 669–6644
Региональный фон	49	223	34	37100	1060
Фон для черноземов	25	68	45	–	–
Кларк по Р. Бруксу, 1986	70	80	100	25000	1000
ОДК, 2009	132	220	80	–	–

Таблица 2. Содержание подвижных форм ТМ в почвах Башкирского Зауралья, мг/кг
(среднее/минимальное–максимальное значения)

ПТК	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Фоновая территория, п. Мукасово-Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона (n=145)	<u>0.8</u> 0.1–1.8	<u>7.2</u> 0.6–21.4	<u>9.4</u> 0.29–18	<u>42.1</u> 19.6–74	<u>1.4</u> 0.01–4.7	<u>0.5</u> 0.01–1.6
пос. Калининское, приусадебные участки вблизи хвостохранилища БМСК (n=12)	<u>2.2</u> 0.4–5.4	<u>65</u> 42–108	<u>0.8</u> 0.2–1.8	<u>52</u> 34.4–84	<u>2.1</u> 1.7–3.1	<u>0.4</u> 0.05–0.8
Берег оз. Култубан, в 10 км к югу от Сибайской обогатительной фабрики и карьера БМСК (n=26)	<u>2.1</u> 0.2–4.7	<u>31</u> 1.7–77	<u>24</u> 0.6–34	<u>72.2</u> 34.7–113	<u>2.6</u> 1.8–3.4	<u>1.5</u> <0.01–1.7
г. Учалы (n=28)	<u>12.0</u> 0.01–60	<u>97.2</u> 1.4–471	<u>267</u> 3–1196	<u>124</u> 11–1016	<u>2.62</u> 0.05–8.8	<u>1.25</u> 0.01–4.6
г. Сибай (n=150)	<u>7.3</u> 0.1–77	<u>47.2</u> 0.2–409	<u>5.6</u> 0.1–26.8	<u>55</u> 0.2–168	<u>2.7</u> 0.1–11.6	<u>1.1</u> 0.01–2.9
Региональный фон	0.2	9.7	3.2	29	0.3	0.1
ПДК	3.0	23.0	–	140	6.0	4.0

Таблица 3. Содержание подвижных форм ТМ, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером (рН=4.8), в почвах фоновых ПТК, мг/кг

Год	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Ni	Cd	Co
1999	0.29	1.8	2.6	23.7	0.2	0.1	0.01	0.10
2000	6.0	0.1	7.6	28.3	0.1	0.1	0.01	0.10
2001	7.4	0.5	7.6	52.1	0.4	0.7	0.70	0.10
2002	16.3	0.6	6.6	50.8	1.6	0.6	0.10	0.30
2003	18.0	0.7	5.8	48.0	0.9	0.5	0.20	0.20
2004	5.9	0.2	5.5	42.8	0.8	0.1	0.03	0.20
2005	15.2	1.0	8.1	29.1	2.0	0.3	0.03	0.10
2006	3.71	0.2	7.0	71.1	2.1	0.7	0.07	0.28
2007	2.2	1.5	6.3	19.6	3.1	0.3	0.03	0.01
2009	17.0	1.3	21.4	73.7	4.7	1.6	0.01	0.01
2010	11.8	0.4	0.6	23.5	<0.02	<0.015	<0.01	<0.01

Как показали проведенные исследования, наибольшему загрязнению подвергаются почвы в радиусе 2–5 км от горнорудных предприятий. Максимальные содержания ТМ обнаружены в почвогрунтах на территории г. Сибай, в микрорайонах вблизи производственных объектов БМСК, обогатительной фабрики, Сибайского и Камаганского карьеров и др. Высокие концентрации Cu и

Zn наблюдаются в почвах пос. Калининское, расположенного вблизи хвостохранилища БМСК. Валовое содержание Zn и Cu в почвах приусадебных участков превышает уровень 3 ОДК, концентрация подвижных форм в 2–5 раз превосходит ПДК. Почвы коллективных садов, расположенных в санитарно-защитной зоне обогатительной фабрики ОАО «БМСК», загрязнены As на уровне 1.1–1.8 ОДК, Cu – 1.2–2.4 ОДК, Zn – 1.6–2.6 ОДК. В зоне влияния отвалов Сибайского карьера вблизи пос. Старый Сибай выявлено загрязнение почв пастбищных угодий и приусадебных участков Zn, Cu, Pb: концентрация подвижных форм достигает ПДК, валовое содержание – ОДК.

Отличительной чертой антропогенного загрязнения в изученном районе является резкое увеличение содержания подвижных форм ТМ в почвах. Вблизи горнорудных предприятий доля их возрастает до 16–24 %, что обусловлено техногенными выбросами серы и сульфатов и подкислением почв до pH 4.3–5.9. В загрязненных почвах уровень содержания сульфатов в 26–185 раз превышает фоновое значение и в 1.5–11 раз – ПДК.

Суммарный показатель загрязнения почв в зоне воздействия горнорудных предприятий соответствует категориям «чрезвычайно-опасная» и «опасная». Крайне опасная ситуация сложилась в нескольких микрорайонах г. Сибай: поселках Южный 1, Южный 2 и в микрорайоне «Третьего магазина». Показатели суммарного загрязнения для этих территорий в разные годы изменялись в пределах $Z_c=122\text{--}288$. При таких значениях показателя суммарного загрязнения, выходящего за рамки оценочной шкалы опасности загрязнения почв ($Z_{c_{\max}}=128$), резко возрастает риск негативного воздействия на здоровье населения. Ситуация обостряется тем, что данные территории представляет собой микрорайоны частной застройки с приусадебными участками. На них выращиваются сельскохозяйственные культуры, которые потребляются в пищу, в основном, жителями этих же микрорайонов. Поскольку существует высокая вероятность загрязнения ТМ производимых продуктов питания, необходим строгий контроль их качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев С.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. I. Экологическое состояние фоновых территорий // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2001. Вып. 4 (№ 31).
2. *Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев С.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. Ч. II. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вест. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2002. Вып. 1 (№ 7).
3. *Опекунова М.Г., Елсукова Е.Ю., Муратова Э.Э.* Оценка геоэкологического состояния и изменения природно-территориальных комплексов в зоне воздействия горно-добывающей промышленности на территории Башкирского Зауралья / Материалы второй Всероссийской науч.-практич. конф. «Проблемы геоэкологии Южного Урала». Оренбург, 2005. С. 30–35.

УДК 631.4

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Э.М. Паракшина, А.С. Уманский, О.П. Федюнина

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», kafedra_ape@mail.ru

Логическая необходимость перехода к адаптивно-ландшафтным системам точного (точечного) земледелия диктует обязательное соблюдение принципов информационного обеспечения управления земельными и почвенными ресурсами, сформулированных нами ранее: достоверности, достаточности, временной и пространственной адекватности информации, соответствия современным требованиям к методам и технологиям её получения, обработки и интерпретации с учётом приоритетности критериев натуральных ландшафтно-временных исследований и непрерывной обратной связи информационных потоков между субъектом и объектом управления через иерархическую сеть специалистов с неременным включением в неё почвоведов.

Опираясь на результаты широкого обсуждения проблем российского и мирового почвоведения, отраженные в резолюции и трудах V съезда Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Ростов-на-Дону, 2008 г.; трудах Международной научной конференции, посвященной 270-летию А.Т. Болотова, Калининград, 2008 г.; Международной научно-практической конференции по проблемам мелиорации, Белоруссия, Горки, 2009 г.; Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса стран Таможенного союза», Казахстан, Астана, 2010 г.; Международной научной конференции «Современное состояние почвенного покрова, сохранение и воспроизводство плодородия почв», Казахстан, Алматы, 2010 г. (где присутствовали ученые России, Китая, Индии, Пакистана, Ирана, Турции, Канады, Польши и др. – всего из 14 государств), мы провели анализ исторических тенденций востребованности поставляемой почвоведением информации в соответствии с социальными заказами общества и государства, что позволило обозначить актуальные отечественные проблемы.

Двадцатилетний период реставрации капитализма в России, вернувший частную собственность на землю, характеризующийся: глубоким кризисом сельского хозяйства, упразднением четко отлаженной инвентаризации почв, уничтожением Гипроземов с их многолетними бесценными для мониторинговых работ архивами; крушением или резким сокращением научно-исследовательских программ теоретического и прикладного характера; удалением из Земельного кадастра одной из главных его составляющих – качественной оценки почвенного покрова на базе объективных (заданных наукой, а не рынком!) критериев; потерей и не восполнением целой армии специалистов-почвоведов, научных кадров. Одной из самых главных проблем, связанных с выживанием и целостностью общества, нации, государства (особенно это ощущается в пределах Калининградского эксклава) должна быть названа продовольственная независимость, а следовательно, роль почвенного покрова как базового компонента земельных ресурсов будет резко повышаться, что требует его качественно-количественной инвентаризации на современной научной основе с применением ГИС-технологий и обязательным соблюдением информационной обеспеченности управления земельными ресурсами.

Роль государства в качестве координатора и стратега развития сельского хозяйства, экологической оптимизации природной среды и здоровья населения осуществима только при условиях: восстановления Земельной государственной службы с отделами почвоведения, агрохимии, мелиорации, эрозии, мониторинга, землеустройства и др.; создания Государственной службы охраны почв, возвращение в Земельный кадастр убранный из него бонитировки почв и восстановления роли государства в качестве заказчика и координатора подготовки кадров производителей и носителей информационных потоков (научных работников и специалистов).

УДК 631.95:631.58:631.45 (470.32)

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ

Т.М. Парахневич, М.И. Парахневич

Воронежский государственный аграрный университет, tatyana.1701@mail.ru

Вопросы рационального использования природных ресурсов составляют важнейшую естественнонаучную и социально-экономическую проблему, в решении которой должны использоваться новые подходы экологизации природной среды, в целом, и земледелия, в частности. Ее решение, на наш взгляд, лежит в комплексном подходе к использованию ландшафтно-почвенных исследований и на их базе разработок по типизации почвенного покрова на уровне типов местности и далее на более низких уровнях – агроландшафт, севооборот, поле и т.д.

При проведении качественной оценки почвенного покрова на ландшафтной основе использовались интегральный показатель плодородия почв, разработанный государственным комитетом РФ по земельной политике (Технические указания ..., 2000), почвенно-картографические материалы хозяйств, схема и характеристика физико-географических районов ЦЧО (Мильков Ф.Н., 1961).

В данной работе проведена оценка почвенного покрова по типам местности в хозяйствах, расположенных в различных физико-географических районах ЦЧО (табл. 1).

Согласно данным таблицы, в Центральном плоскоместном районе (совхоз «Эртильский») наиболее распространен плакорный тип местности – 85.5 %, который представлен хорошо дренированными, слаборасчлененными междуречными пространствами. Склоновый тип местности за-

нимает 9.6 %. Это в основном приречные склоны р. Эртиль и крупных балок. На долю надпойменно-террасового и пойменного типов местности приходится около 5 %. Подобное распределение типов местности на территории землепользования связано, прежде всего, с геологическим строением и рельефом местности.

Таблица. Типы местности и качественная оценка почвенного покрова (пашня).

Тип местности	Площадь, га	%, от общей площади	Совокупный балл бонитета	Средний балл по хозяйству
Лесостепная провинция Окско-Донской низменности. Центральный плоскоместный район типичной лесостепи. Совхоз «Эртильский» Эртильского района Воронежской области				
Плакорный	5623	85.5	90.2	85.9
Склоновый	629	9.6	55.9	
Надпойменно-террасовый	260	4.0	71.8	
Пойменный	62	0.9	59.2	
Лесостепная провинция Средне-Русской возвышенности. Придонской меловой рай-он типичной лесостепи. Колхоз «Путь Ленина» Нижнедевицкого района Воронежской области				
Плакорный	1857	64.0	78.8	67.5
Склоновый	706	24.3	41.9	
Надпойменно-террасовый	42	1.4	86.5	
Пойменный	298	10.3	55.3	
Лесостепная провинция Средне-Русской возвышенности. Калитвинский волнисто-балочный южнолесостепной район. ЗАО «Восход» Каменского района Воронежской области				
Плакорный	4992	65.9	60.4	55.8
Склоновый 3–5°	1340	17.7	48.9	
Склоновый 5–7°	829	10.9	30.9	
Днища балок	418	5.5	71.6	

В геологическом отношении территория хозяйства сложена мощной толщей песчано-глинистых отложений неогена и четвертичного периода. Четвертичные отложения представлены водноледниковыми песками, валунными и покровными лессовидными суглинками на водоразделах, делювием на склонах долин и балок, и аллювием на их дне.

Поверхность территории слабо расчленена долинно-балочной сетью.

Структура почвенного покрова плакоров в совхозе «Эртильский» характеризуется простым сочетанием черноземов типичных различной мощности и гумусированности. В контуры черноземных почв часто врезаны ареалы почв западных комплексов. Почва склонов представлена эродированными черноземами типичными и выщелоченными. Почвы полугидроморфной и гидроморфной групп приурочены к слабовыраженным террасам и пойме.

Для хозяйств, расположенных в провинции Средне-Русской возвышенности характерны свои особенности. Здесь основными рельефообразующими породами являются псччий мел и мергели турона и сенона, выходящие на поверхность в виде сплошных обнажений по крутым и высоким склонам речных долин и балок. На водоразделах меловые отложения прикрыты песчано-глинистыми породами палеогена и четвертичными красно-бурыми суглинками.

В геоморфологическом отношении Придонской меловой и Калитвинский волнисто-балочный районы представляют собой возвышенную волнистую равнину, расчлененную густой сетью речных долин и балок. Абсолютные отметки поверхности водоразделов достигают 290 м. Густота оврагов достигает до 1.2 км/км² (Мильков Ф.Н., 1961).

Наибольшую площадь занимает плакорный тип местности – 64.0–65.9 %. Склоновый тип местности развит сильнее в Калитвинском волнисто-балочном районе и достигает 28.6 % от площади пашни землепользования. Обращает на себя внимание отсутствие здесь надпойменно-террасового и пойменного типов местности. В хозяйстве более 400 га территории приходится на плоские днища балок, что является отличительной особенностью по сравнению со структурой типов местности Придонского и Центрального плоскоместного районов.

На надпойменно-террасовый и пойменный типы местности в колхозе «Путь Ленина» приходится 11.7 %.

Структура почвенного покрова хозяйств характеризуется повсеместным формированием древовидных эрозийных сочетаний при абсолютном преобладании черноземов выщелоченных и

типичных в Придонском меловом и черноземов типичных и обыкновенных в Калитвинском волнисто-балочном районах. Сильная расчлененность территории способствует на склоновых типах местности развитию эрозионных форм в виде пятен плоскостного смыва и линейных микроформ. Большинство сочетаний относится к типу сложных и включает в качестве компонента пятнистости. По днищам балок формируются наносные почвы – дерново-намытые. Повышенное увлажнение днищ грунтовыми водами и ряд других явлений определяют пестроту почвенного покрова.

Приведенные данные качественной оценки почв трех хозяйств, расположенных в различных физико-географических районах ЦЧО свидетельствуют о том, что эколого-ландшафтный подход бонитировки почвенного покрова дает объективное представление об уровне плодородия почв как, в целом, по хозяйству, так и по типам местности.

Преимущество подобного подхода при проведении качественной оценки почвенного покрова состоит в том, что пространственное выделение ландшафтных комплексов и почвенных комбинаций имеет генетическое единство и территориальную приуроченность к определенным элементам рельефа. По существу здесь, на базе качественной оценки почв проводится типизация земель, что дает возможность дифференцированного использования пашни (с учетом плодородия почв и экологических требований сельскохозяйственных культур) в севооборотах различного типа. Поэтому при организации территории, наряду с общепринятыми почвенно-картографическими документами, рекомендуется составление картограммы качественной оценки почв на ландшафтной основе с детальной легендой к ней.

УДК 631.416.8:631.438.2

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ ZN ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХИМИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ ПОЧВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ^{65}Zn -Zn

Ю.А. Пивоварова

ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, г. Обнинск,
Pivovarovayulya@mail.ru

При оценке экологического состояния загрязненных тяжелыми металлами почв одним из важнейших показателей является величина мобильной фракции соответствующего элемента. В настоящее время основным методом изучения форм тяжелых металлов является химическое фракционирование почв растворами различных реагентов. Чрезвычайно широкий перечень таких процедур в литературе затрудняет выбор наиболее адекватной, а из-за варьирования реагентов, их концентраций, условий обработки процедуры химической экстракции почв приводят к неодинаковым результатам, что делает очень сложным их сравнительный анализ. Сложилась следующая ситуация. С одной стороны, идет упорный поиск и разработка единственной селективной экстракционной процедуры, по возможности, не очень многостадийной, которая обеспечит дополнительный внутренний взгляд на проблему поведения и биологической доступности ТМ в почвах и донных отложениях. С другой стороны, ведется поиск альтернативных методов, позволяющих найти более продуктивный подход к оценке содержания и запасов доступных форм ТМ в почвах. Полагают что более обоснованная оценка «химически активного» запаса элемента в почве может быть достигнута при использовании метода изотопного разбавления. Используемый подход предполагает, что когда некоторое количество свободного от носителя радиоактивного изотопа соответствующего химического элемента вносится в почву, происходит гомоионный обмен, приводящий к пропорциональному распределению радионуклида между различными фракциями стабильного изотопа в пределах его лабильного фонда. Оценка размеров лабильного фонда может быть получена химическим способом и биологическим путем на основании анализа изотопного соотношения в почве и, соответственно, в почвенной вытяжке (Е-значение) или растениях (L-значение).

Цель работы: оценка доступного для растений запаса металла в почве на основании использования метода изотопного обмена и химической экстракции почв.

Объекты исследования – среднесуглинистая дерново-подзолистая почва и чернозем выщелоченный, отобранные из пахотного горизонта сельскохозяйственных угодий на территории, соответственно, Калужской и Курской областей. Металл в виде водного раствора его нитратной соли вносили в количестве 0, 25, 50, 100 и 250 мг/кг воздушно-сухой массы дерново-подзолистой почвы или 0, 50, 100, 250, 500 мг/кг чернозема. Загрязненные почвы использовали в вегетационных опы-

тах по выращиванию ячменя и затем хранили в воздушно-сухом состоянии в пластиковых сосудах 320 сут. По истечении этого времени в почву был внесен радионуклид ^{65}Zn с активностью, соответствующей уровням загрязнения 60 кБк/кг дерново-подзолистой почвы и 80 кБк/кг чернозема, после чего почвы инкубировались еще 30 сут и вновь использовались в вегетационном эксперименте по выращиванию ячменя. Перед посевом семян ячменя провели отбор проб для оценки доступного для растений Zn по результатам химической экстракции почв 1 М нейтральным раствором $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, часто применяемым при определении обменной формы ТМ. Растения убирали в возрасте 14 сут. Концентрацию Zn в почвенных вытяжках и ячмене измеряли атомно-абсорбционным методом (спектрометр Varian Spectr AA+), активность ^{65}Zn методом полупроводниковой γ -спектрометрии с германиевым детектором. Результаты измерений активности корректировали на радиоактивный распад.

По результатам измерений рассчитывали следующие показатели.

1. Содержание обменной формы элемента в почве:

$$[\text{Zn}]_{\text{exch}} (\text{мг/кг}) = [\text{Zn}]_{\text{w}} \times V/S \quad (1)$$

$$\text{Zn}_{\text{exch}} (\%) = [\text{Zn}]_{\text{ex}} / \text{Zn}_{\text{T}} \times 100, \quad (2)$$

где: $[\text{Zn}]_{\text{w}}$ – концентрация металла, измеренная атомно-абсорбционным методом в растворе экстрагента (мг/мл); V – объем раствора экстрагента (мл); S – масса воздушно-сухой навески почвы (г); Zn_{T} – общее (валовое + добавленное) содержание металла в почве.

2. Показатель Zn_{E} , являющийся оценкой способного к обмену на радионуклид запаса металла в почве, полученной химическим способом и рассчитываемый на основании результатов измерения объемной активности радионуклида и концентрации металла в растворе экстрагента.

$$[\text{Zn}_{\text{E}}] (\text{мг/кг}) = [\text{Zn}]_{\text{w}} \times ([A_{\text{s}}]/[A_{\text{w}}] + V/S), \quad (3)$$

$$\text{Zn}_{\text{E}} (\%) = ([\text{Zn}_{\text{E}}] / \text{Zn}_{\text{T}}) \times 100 \quad (4)$$

где: $[A_{\text{s}}]/[A_{\text{w}}]$ – соотношение активности ^{65}Zn в твердой фазе и растворе экстрагента; V/S – соотношение жидкой и твердой фазы суспензии (мл/г). Активность изотопа в твердой фазе рассчитывалась исходя из массы почвы и добавленной в двухфазную систему активности за вычетом конечной активности раствора.

3. Величина Zn_{L} , являющаяся биологической оценкой подвижного запаса металла в почве и оцениваемая на основании активности радионуклида и концентрации металла, измеренных в растениях.

$$[\text{Zn}_{\text{L}}] (\text{мг/кг}) = ([\text{Zn}_{\text{p}}] \times [A_{\text{s}}]) / [A_{\text{p}}], \quad (5)$$

$$\text{Zn}_{\text{L}} (\%) = ([\text{Zn}_{\text{L}}] / \text{Zn}_{\text{T}}) \times 100 \quad (6)$$

где: $[A_{\text{s}}]$ и $[A_{\text{p}}]$ – удельная активность ^{65}Zn в почве и растениях (Бк/кг); $[\text{Zn}_{\text{p}}]$ и $[\text{Zn}_{\text{T}}]$ – соответственно, концентрация Zn в сухом растительном материале (мг/кг) и общее (валовое + добавленное) содержание металла в почве (мг/кг).

Результаты и обсуждение. Результаты оценки содержания подвижных фракций металлов при экстракции почв 1 М раствором $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, а также количество изотопов Zn, поглощенное растениями ячменя, суммированы в табл.

Таблица. Количество подвижной фракции металлов и поглощение изотопов Zn растениями ячменя.

Zn_{T}^1 , мг/кг	Обменная форма ² Zn		Обменная форма ² Zn^{65}		Zn в растениях	Zn^{65} в растениях
	мг/кг	%	кБк/кг	%	мг/кг	кБк/кг
Дерново-подзолистая среднесуглинистая						
25.4	1.53±0.49	5.9±1.9	16.1±3.4	26.8±5.7	38.1±2.9	165.8±60.2
50.4	6.42±0.70	12.6±1.4	21.7±3.5	36.2±5.8	45.0±0.0	78.0±4.1
75.4	11.67±2.21	15.4±2.9	26.8±0.5	44.7±0.9	77.4±29.0	84.8±41.2
125.4	21.42±0.91	17.0±0.7	24.3±4.5	40.5±7.5	134.7±44.6	95.8±43.8
275.4	88.78±18.02	32.2±6.5	26.2±4.7	43.6±7.9	335.6±55.4	72.2±54.3
Чернозем выщелоченный						
44.7	0.54±0.13	1.2±0.3	4.3±0.8	5.3±1.0	46.4±4.3	296.8±45.7
94.7	4.50±1.04	4.7±1.1	7.9±0.4	9.9±0.5	54.3±0.8	73.0±8.6
144.7	11.00±0.71	7.6±0.5	11.3±0.7	14.2±0.9	93.4±24.6	48.1±8.6
294.7	53.49±3.37	18.1±1.1	16.0±0.7	20.0±0.9	109.0±4.7	35.2±7.2
544.7	128.7±4.50	23.6±0.8	21.2±1.4	26.5±1.7	210.3±59.4	34.7±12.0

¹ – общее содержание (валовое содержание + добавленное количество) Zn в почве;

² – в процентах от Zn_{T} ;

С ростом загрязнения количество подвижной фракции Zn возрастает, но не прямо пропорционально увеличению концентрации металла в почве. Поведение радиоактивного изотопа хорошо отражает различия поведения стабильного изотопа элемента в разных почвах. Подвижная форма ^{65}Zn также многократно возрастает, хотя количество радионуклида в системе не меняется. Общее количество Zn в растениях возрастало с увеличением концентрации в почве, тогда как поглощение ^{65}Zn обратно коррелирует с уровнем загрязнения. Используемый подход предполагает, что происходит изотопный обмен и устанавливается равновесие между добавленным в почву радионуклидом и лабильным фондом стабильного изотопа соответствующего химического элемента. Следовательно, радионуклид разбавляется биологически доступной фракцией элемента. Как результат, чем больше в почве доступный для растений фонд металла, тем ниже удельная активность в растениях по отношению к удельной активности радионуклида в почве. В целом, наблюдается достаточно высокая степень корреляции, отражающая аналогичное влияние общего содержания металла в почве на рассматриваемые показатели (рис.).

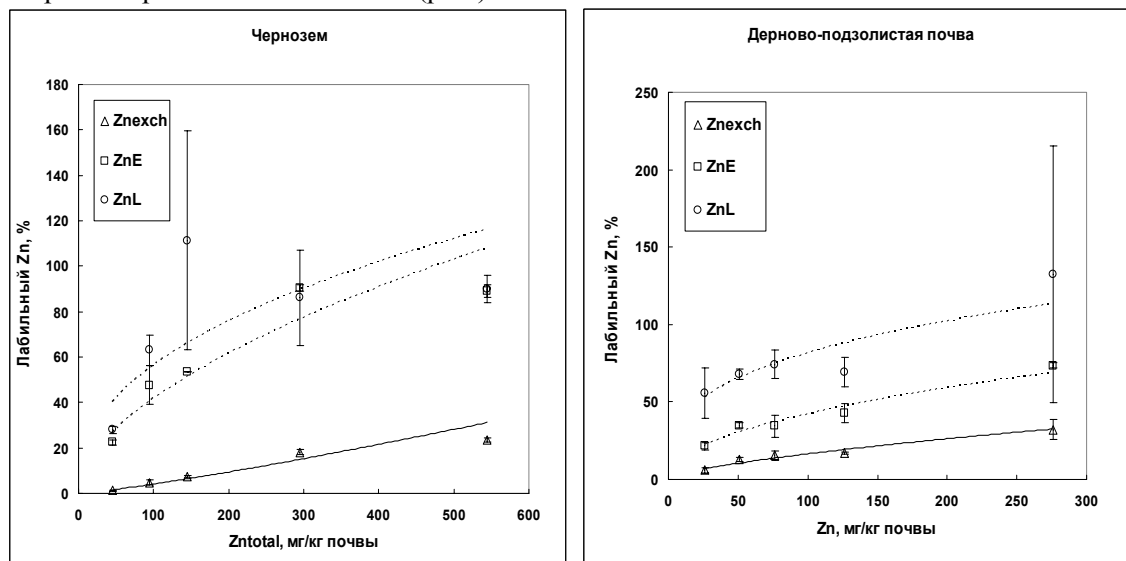


Рисунок. Оценки лабильного запаса металла в почвах на основании соотношения радиоактивного и стабильного изотопов элемента в почвенной вытяжке (Zn_E), в растениях (Zn_L) и при экстракции почвы 1 М раствором $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Zn_{exch}).

Однако лабильный пул, т.е. запас в почве элемента, доступного для растений, всегда значительно выше оценок подвижной фракции, полученных химическим путем. Различия между L и E значениями элемента в почве показывают, что на изотопный обмен оказывают влияние факторы, связанные с растениями. В ризосфере мобильность металла иная, чем в основной массе почвы из-за градиентов в pH, растворимом органическом веществе и ионной силе. Если подвижность Zn возрастает вокруг активно адсорбирующих корешков, изотопный обмен ускоряется, приводя к снижению удельной активности Zn. Растворение неподвижных форм металла может происходить в ризосфере в результате таких процессов, как выделение растворяющих металлы корневых экссудатов или изменение pH. Поглощение растениями металла из нелабильных (т.е. не принимающих участие в изотопном обмене) фракций способно приводить к превышению величины Zn_L над величиной Zn_E . Сравнение значений Zn_L и Zn_E может показывать степень, в какой растения могут получать доступ к нелабильному металлу (способствовать его мобилизации) путем изменения условий в ризосфере. Разные значения Zn_L и Zn_E могут быть обусловлены также различными условиями изотопного обмена между ризосферной почвой и нейтральным солевым экстрагентом. Более того, следует учитывать относительно малые размеры сосудов, что приводит к завышенным значениям Zn_L , поскольку в ограниченном объеме сосуда экстрагирующая способность корневой системы на единицу почвы значительно выше, чем, например, в неограниченном пространстве в полевых условиях.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Е.П. Пименов, А.И. Морозова

Всероссийский НИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, г. Обнинск,
pimenov@riar.obninsk.org

Для анализа состояния почвы, загрязненной тяжелыми металлами (ТМ), важно определить степень нарушения ее функционирования, что возможно при рассмотрении взаимодействия элементов агробиоценоза и фактора загрязнения. Оценка изменений биологического потенциала загрязненных ТМ почв включает учет показателей биогенности почвы (микроорганизмы, ферменты и т. д.), позволяющих определить суммарную токсичность почвы.

Существует множество критериев, использующих микробиологические параметры для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами и другими загрязнителями. Основные требования к этим параметрам: (а) они должны быть достаточно чувствительными, чтобы указать на загрязнение; (б) для оценки устойчивости микробного сообщества к техногенному воздействию совершенно недостаточно измерение единственного параметра, следует выбирать несколько показателей, предпочтительно независимых [Brookes, 1995].

Целью наших исследований была оценка воздействия возрастающих концентраций ТМ (Pb, Cd, Zn, Cu), разделенных в дерново-подзолистую почву и чернозем типичный, на численность основных морфологических групп почвенных микроорганизмов (бактерий, актиномицетов и грибов) и на ферментативную активность почв (дегидрогеназы и уреазы).

В почву вносили питательные элементы из расчета 100 мг/кг P_2O_5 и K_2O в виде водных растворов солей KH_2PO_4 и K_2SO_4 . Проводили четыре серии экспериментов, в каждой серии в обе почвы вносили один из ТМ (Pb, Cd, Zn, Cu). Металлы добавляли в виде водных растворов солей азотной кислоты в следующих концентрациях (мг металла/кг почвы): в дерново-подзолистую почву – Cd: 2, 5, 10, 20, 50, 100; Pb: 0, 50, 100, 250, 500, 1000, 1500; Zn: 0, 25, 50, 100, 150, 200, 300; Cu: 0, 25, 50, 300, 500, 750, 1000; в чернозем типичный – Cd: 0, 5, 10, 20, 50, 100, 200; Pb: 0, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000; Zn: 0, 100, 250, 500, 1000; Cu: 0, 50, 100, 300, 500, 750, 1000. Общее содержание внесенного азота по действующему веществу составило 200 мг/кг почвы (в виде NH_4NO_3), с учетом азота, добавленного с азотнокислыми солями ТМ. Фосфор и калий (из расчета по 100 мг/кг P_2O_5 и K_2O) внесли в виде водных растворов солей KH_2PO_4 и K_2SO_4 . Почву распределяли по 5-кг сосудам и в вегетационном опыте выращивали конские бобы до получения урожая (110 сут). Повторность опыта 4-кратная. После уборки урожая отбирали образцы почвы из каждого сосуда для микробиологических анализов.

Учет почвенных микроорганизмов проводили методом посева почвенной суспензии на питательные среды: МПА для бактерий, КАА для актиномицетов, среда Чапека для грибов. Уреазную активность определяли по количеству аммиака, образующегося при гидролизе мочевины, и выражали в мкг аммонийного азота (NH_4-N) на 1 г почвы за 1 час; дегидрогеназную активность почвы определяли по интенсивности окраски 2, 3, 5-трифенилформазана (ТФФ), образующегося в ходе реакции из бесцветного 2, 3, 5-трифенилтетразолия хлористого (ТТХ). Активность дегидрогеназы рассчитывали в мг ТФФ на 10 г почвы за сутки.

Для оценки устойчивости микробного сообщества и его способности противостоять техногенным нагрузкам использовали критерии Домша с соавт. [Domsch et al., 1983], которые предложили разделить микробные реакции к различным токсикантам на три категории: «незначительная», или «безопасная», когда показатель снижается по сравнению с контрольным меньше, чем на 20 %, «терпимая», или «допустимая» (снижение на 20–50 %), и «критическая» (снижение более 50 %).

Чтобы количественно оценить загрязнение почв, вычисляли интегральный показатель биологической активности (ИПБА) почвы [Девятова, 2005]. При диагностике загрязнений за 100 % принимали значение каждого из показателей в незагрязненной почве и по отношению к нему в процентах выражали значение этих же показателей в загрязненных пробах. Далее суммировали относительные значения всех показателей в незагрязненной почве и делили на число показателей. Так же рассчитывали значения ИПБА для остальных вариантов.

Установлено, что общая численность бактерий в черноземе без внесения металлов была несколько выше, чем в дерново-подзолистой почве, актиномицетов было больше в черноземной почве, а число грибов в обоих типах почв отличалось незначительно. Все измеренные параметры почвенного микробного сообщества реагировали на воздействие тяжелых металлов. Численность бактерий, актиномицетов и грибов (микробицетов) уменьшалась с увеличением содержания тяжелых металлов в почвах, но снижение, как правило, было более заметным в случае бактерий и актиномицетов.

Активность ферментов в контрольных вариантах (без внесения ТМ) убывала в ряду чернозем–дерново-подзолистая почва. И дегидрогеназная, и уреазная активность, как и учет микроорганизмов, при загрязнении ТМ показали такие же тенденции: по мере возрастания концентрации ТМ в изученных почвах увеличивалось ингибирование активности ферментов.

В результате исследований установлено, что загрязнение исследованными ТМ (Cd, Pb, Zn, Cu) приводило к снижению почвенных микробиологических показателей. По мере снижения чувствительности к загрязнению исследованными ТМ показатели образуют следующий ряд: актиномицеты > бактерии = дегидрогеназа > уреазы > грибы (микробицеты).

Таблица. Уровни токсичности ТМ для ИПБА разных типов почв

ТМ	Уровни токсичности ТМ (мг/кг)					
	безопасный		допустимый		критический	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Cd	<5	<10	5–20	10–100	>20	>100
Pb	<100	<500	100–1000	500–2000	>1000	>2000
Zn	<100	<250	100–300	250–1000	>300	>1000
Cu	<50	<100	50–300	100–500	>300	>500

* 1 – дерново-подзолистая почва; 2 – чернозем типичный

На основании расчета интегральных показателей биологической активности – ИПБА – [Девятова, 2005], используя критерии оценки устойчивости микробного сообщества [Domsch et al., 1983], определили уровни токсичности ТМ по отношению к ИПБА для обоих типов почв (таблица). По степени уменьшения негативного воздействия на микробные свойства почв ТМ располагались в следующем порядке: Cd > Cu > Zn > Pb.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девятова Т.А. Биоэкологические принципы мониторинга и диагностики загрязнения почв // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2005. №1. С. 105–106.
2. Brookes P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals // Biol. Fertil. Soils. 1995. 19(4): 269–279.
3. Domsch K.H., Jagnow G., Anderson T.-H. An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms // Residue Reviews, 1983. V. 86. P. 65–105.

УДК 541.144:630

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА DIGITAL-PHOTO-CHROM-ANALYSE ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ АЗОТНО-ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В РАСТЕНИИ

Я.А. Погромская¹, В.А. Зуза¹, И.А. Рыктор²

¹Донецкая опытная станция Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» Национальная академия аграрных наук Украины, Украина, 85294, Донецкая обл., г. Дзержинск, п. Новгородское, ул. Садовая 16, ddcnnc@ukr.net

²Донецкий национальный университет ДонНУ

В настоящее время все большую научную и практическую актуальность приобретают экспресс-методы диагностики состояния растений. Одним из таких методов является DPCA (Digital-Photo-Chrom-Analyse), разработанный частным институтом прикладной биотехнологии Radostim, который на основе анализа цифровой фотографии листа растения позволяет определить коэффициент хлорофилла С*. По данным авторов метода, С* отражает концентрацию хлоропластов в растительной клетке и суммарный потенциал фотосинтеза, кроме того он может быть использован для

прогнозирования урожая. В то же время, связь C^* с концентраций фотосинтетических пигментов в листе, особенностями минерального питания растения и рядом других показателей остается неизученной. Целью настоящей работы является оценка применимости метода ДРСА для определения содержания хлорофиллов и каротиноидов в зеленом листе и для оценки сбалансированности азотно-фосфорного питания.

Объектом исследования пигментного состава послужил вьюнок *Ipromoea purpurea*, для исследования азотно-фосфорного баланса – кукуруза *Zea mays L. ssp. Mays*, выращенные в условиях вегетационного опыта. Лист растения фотографировали на расстоянии 30–40 см цифровым фотоаппаратом Olympus SP-600UZ в режиме макро при фиксированных времени экспозиции и диафрагме. Полученные изображения обрабатывали с использованием программного пакета CorelDraw 13 согласно разработанной для ДРСА методике. Коэффициент хлорофилла C^* рассчитывали как среднее арифметическое поглощения в красной и синей части спектра. Абсорбция определялась как разность между интенсивностью цвета эталона (белый лист бумаги) и объекта. После получения изображения, концентрации каротиноидов, хлорофиллов a и b в листе определяли спектрофотометрическим методом в ацетоновой вытяжке. Процентное содержание азота и фосфора в листьях определяли по Гинзбургу.

Полученные результаты показывают, что зависимость концентрации хлорофиллов a и b имела экспоненциальный характер: $[X_l a] = 0.1587e^{0.09C^*}$ ($r = 0.9972$); $[X_l b] = 1.6785e^{0.0623C^*}$ ($r = 0.9880$). Содержания каротиноидов от величины коэффициента хлорофилла зависело также экспоненциально, однако несколько менее достоверно: $[Кар] = 1.9087e^{0.0426C^*}$ ($r = 0.9353$).

Процентное содержание азота в зеленой части растения (в пересчете на сухую массу) более тесно коррелировало с относительной абсорбцией (отношением абсорбции красного света к поглощению синего) A_k/A_c ($r = 0.9832$), чем с коэффициентом хлорофилла C^* ($r = 0.8401$). Полученные зависимости относительной абсорбции от содержания валового азота и соотношения азот/фосфор в листе имели квадратичный характер: $N = -60.438 + 64.507x^2 + 14.319$, ($r = 0.9771$); $N/P = -149.81x + 171.49x^2 + 33.059$, ($r = 0.9810$), где $x = A_k/A_c$.

Обнаруженные зависимости показывают, что метод ДРСА может быть использован для количественной оценки содержания фотосинтетических пигментов, азотно-фосфорного баланса в растении без выполнения химических анализов.

УДК 631.10

ГРИБЫ-ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИКИ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ

В.В. Потребич

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Leroffka@mail.ru

В лесных биогеоценозах при воздействии антропогенных факторов происходит изменение процессов деструкции органических соединений почвообитающими организмами, в том числе, плесневыми микроскопическими грибами. Наименее изучены особенности разложения целлюлозо-содержащих субстратов микробными сообществами в почвах урбанизированных территорий. В последние десятилетия в городах РФ используется техника ежегодного изъятия листового опада и его вывоза за пределы города. Актуальность проблемы активно обсуждается, в том числе и в СМИ. Мероприятия по подсыпке на поверхности газонов и почв скверов торфокомпостных смесей предназначены для пополнения городских почв органическими веществами, однако при этом возможна интродукция новых компонентов микробных сообществ, не свойственных фоновым территориям. Таким образом, в городских почвах складываются весьма специфические условия для формирования микробных сообществ. Целью данного исследования было изучение комплексов целлюлозолитических микроскопических грибов в городских почвах.

Объекты и методы. Исследовали почвы, расположенные на территории мегаполиса г. Москвы в районе Тушино: городской урбанозем в жилом микрорайоне 40-летней застройки и ненарушенную дерново-подзолистую почву городского лесопарка. Изучение видового состава и структуры комплексов целлюлозолитических микромицетов проводили: 1) стандартным методом посева почвенных разведений на среды Чапека и Гетчинсона; 2) методом иницированного сообщества при внесении целлюлозы в образцы почв в лабораторных условиях; 3) методом приманок при разложении целлюлозы и опада липы в модельном эксперименте в течение 2 месяцев при температуре

8–9 °С; 4) методом «изоляции опада» при разложении опада липы в городских почвах *in vitro* с осени в разные сезоны в течение года. В последнем эксперименте грибы с поверхности разлагающегося опада выделяли методом отпечатков на питательные среды. В прилегающем к разлагающемуся опадку слое почвы (0.5 см) динамику микромицетов изучали методом посева почвенных разведений и одновременно оценивали в разные сезоны динамику биологической активности пула почвенных целлюлозолитиков по изменению интенсивности эмиссии CO₂ без и с внесением целлюлозы (метод СИД), а также измеряли активности ферментов инвертазы и целлюлазы, содержащихся в почвах (по методу Бертмана в модификации Воскресенского).

Результаты и обсуждение. В урбаноzone выявлена значительная деградация видового разнообразия целлюлозолитических микроскопических грибов по сравнению с ненарушенной дерново-подзолистой почвой: в ходе сукцессий при разложении целлюлозы и опада липы было выявлено меньшее видовое разнообразие культивируемых микромицетов. В урбаноzone сезонная и сукцессионная динамика выражена значительно слабее: в разные сроки доминирующие виды не изменялись, в отличие от зональной почвы.

В тоже время в урбаноzone при внесении субстрата целлюлозы развитие целлюлозолитических грибов активировалось быстрее, чем в почве лесопарка. Для верхнего органосодержащего горизонта урбаноzone в осенний период была характерна более высокая целлюлазная (в 3 раза) и инвертазная (в 2 раза) активность по сравнению с гумусовым горизонтом ненарушенной дерново-подзолистой почвы, что может быть связано с отсутствием подстилки. Значительную роль в увеличении эмиссии CO₂ в урбаноzone при индукции субстратом целлюлозой играет грибная составляющая целлюлозолитического пула, в то время как в ненарушенной дерново-подзолистой почве вклад грибной и бактериальной частей сходен.

Полученные результаты свидетельствуют о ненасыщенности пула целлюлозолитических грибов в урбаноzone.

УДК 631.48 (571.63)

ВЛИЯНИЕ ПЕДОАНТРОПОГЕНЕЗА НА МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПРИОКЕАНИЧЕСКИХ БУРОЗЕМОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Б.Ф. Пшеничников¹, Н.Ф. Пшеничникова², М.С. Лящевская², Е.Г. Зубахо¹, Е.В. Ханалин¹

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, bobf@bio.dvgu.ru

²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, n.f.p@mail.ru,

Отсутствие должного внимания к педoантропогенезу, по мнению Г.В. Добровольского и Е.Д. Никитина (2006), приводит к неэффективности многих почвенно-экологических исследований. Антропогенное воздействие на почвы, согласно их представлениям, давно стало в той или иной форме всеобщим и должно постоянно рассматриваться и анализироваться в сочетании с факторами почвообразования.

С учетом этого мы попытались рассмотреть влияние педoантропогенеза на морфологическое строение и экологические функции почв юга Дальнего Востока на примере буроземов полуострова Муравьева-Амурского. С этой целью рассмотрим морфологическое строение буроземов с различной степенью влияния педoантропогенеза на их формирование в пределах южного и восточного побережий исследуемого полуострова.

Полуостров расположен в южной части Приморья. Он простирается с северо-востока на юго-запад. Его размеры: длина – около 40 км, ширина – около 20 км. С востока полуостров омывается водами Уссурийского залива, с запада – Амурского, а с юга – залива Петра Великого. Климат полуострова характеризуется как муссонный, влажный (годовое количество осадков варьирует от 700 до 800 мм). Для него характерен низкогорный рельеф с абсолютными высотами 150–400 м над уровнем моря и крутизной склонов от 3–5 до 20–25°. На большей части полуострова распространены вторичные дубовые леса, под которыми развиты буроземы и буроземы темные, а также буроземы полигенетические (ПБ) (Пшеничников и др., 2010). Своеобразие морфологического строения рассматриваемых буроземов является производным особенностей их педoантропогенеза.

Разрез 5-09 заложен в 75 м на северо-восток от автобусной остановки «Заря», в 15 м на север от дороги «Заря-Горностай». Рельеф: отроги хребта Сихотэ-Алинь, склон юго-западной экспози-

ции; микрорельеф бугристо-ямчатый. Растительность: дубовый лес с примесью осины, березы и редко сливы, яблони; в кустарниковом ярусе – леспедеца; травяной ярус представлен полынью, осокой. Увлажнение атмосферное.

О 0–4 см. Подстилка, представленная преимущественно полуразложившимся опадом травянистых и древесных растений, переход резкий.

АУ 4–18 см. Серый, свежий, рыхлый, мелкозернисто-порошистый, среднесуглинистый, переплетен корнями, включения частичек древесного угля, переход резкий.

ВМ 18–26 см. Серовато-бурый, свежий, слегка уплотнен, мелкокомковато-порошистый, среднесуглинистый, щебнистый (30–40 % от объема почвенной массы), преобладающий размер щебня от 0.5 до 12 см, переход ясный.

ВМ[АУ'] 26–43 см. Неоднородный по цвету: в верхней части горизонта преобладает светло-серая окраска, в нижней – серовато-буровато-коричневая, свежий, уплотнен, мелкозернисто-порошистый, тяжелосуглинистый, обломки почвообразующей породы размером 2–4 см (10–20 % от объема почвы), переход резкий.

ВМ[АУ''] 43–55 см. Серовато-коричневый, свежий, уплотнен, мелкоореховато-зернистый, тяжелосуглинистый, включения обломков породы (30–35 % от объема почвы) размером от 0.5–1 до 2–3 см, переход резкий.

[АУ] 55–71 см. Темно-серый, свежий, слегка уплотнен, мелкокомковато-зернистый, тяжелосуглинистый, редкие обломки почвообразующей породы размером 0.5–2 см, включения частиц древесного угля, переход резкий, языковатый.

[ВМ] 71–93 см. Серовато-бурый, свежий, уплотнен, мелкоореховато-зернистый, глинистый, отдельные мелкие частички древесного угля, щебнистость до 30–40 % от объема, обломки породы размером от 0.5–2 до 3–5 см, переход постепенный.

[ВМС] 93–143 см. Желтовато-бурый, свежий, мелкокомковато-порошисто-зернистый, уплотнен за счет большого количества обломков породы (70–80 % от объема почвенной массы) размером от 3 до 11 см, переход ясный.

[С] 143–170 см. Бурый, влажный, уплотнен, мелкокомковато-порошисто-зернистый, глинистый, сильноскелетный – обломков породы размером от 0.5–2 до 5–6 см до 90 % от объема почвенной массы.

Почва: бурозем полигенетичный.

В полигенетичных буроземах южного побережья п-ва Муравьева-Амурского выделяются два элементарных почвенных профиля: один современный и один погребенный, почвенная масса между современным иллювиальным ВМ и аккумулятивно-гумусовым погребенным горизонтом [АУ] с глубины 26 см и до глубины 55 см представлена двумя различными по окраске переходными горизонтами ВМ[АУ'] и ВМ[АУ'']. Характерной чертой морфологического строения этих почв являются включения частиц древесного угля в погребенных горизонтах [АУ] и [ВМ], что свидетельствует об активном пирогенном воздействии как на сами почвы, так и ландшафт в целом.

Разрез 3-09 заложен в 1625 м севернее побережья бухты Емар, в 750 м северо-западнее репера с высотой 150 м над уровнем моря. Рельеф: отроги Берегового хребта, склон западной экспозиции; микрорельеф бугристо-ямчатый. Растительность: вырубка с порослью из дуба, липы, аралии и лиан винограда; в кустарниковом ярусе – леспедеца, лещина разнолистная; травяной ярус хорошо развит (проективное покрытие 80 %, средняя высота 50 см); участок пройден пожаром. Увлажнение атмосферное.

О 0–3 см. Слаборазложившийся опад из листьев деревьев и трав, включения древесного угля, переход резкий.

ВМ 3–36 см. Ярко-бурый, свежий, мелкокомковато-порошисто-мелкозернистый, тяжелосуглинистый, рыхлый, частички древесного угля, много корней диаметром до 1–3 мм, переход ясный.

ВМ[АУ] 36–62 см. Неоднородный по цвету: на желто-буром фоне темно-серые гумусированные пятна, свежий, мелкокомковато-зернистый, тяжелосуглинистый, в верхней части густо пронизан корнями диаметром 1–2 мм, обломки почвообразующей породы (размером 2–5 см) составляют 15–20 % от объема, (скелет сильно выветрелый – легко крошится), переход резкий, граница ровная.

[АУ] 62–75 см. Темно-серый, свежий, мелкпылевато-комковатый, среднесуглинистый, слегка уплотнен, мелкие корни (диаметром 1–3 мм), небольшое количество (до 5 % от объема) включений обломков почвообразующих пород размером до 2.5 см, переход резкий, граница ровная.

[АУВМ] 75–85 см. Серовато-бурый, свежий, мелкокомковато-зернисто-порошистый, среднесуглинистый, щебнистый (до 30 % от объема), редкие корни диаметром до 2 мм, переход постепенный.

[ВМ] 85–127 см. Ярко-желто-бурый, свежий, мелкозернисто-порошистый, среднесуглинистый, редкие корни, уплотнен за счет присутствия большого количества щебня (70–80 %) и отдельных обломков породы размером до 13 см, переход постепенный.

[ВМС] 127–230 см. Делювиальные отложения с небольшим содержанием мелкозема (5–10 % от объема) желто-бурого цвета, порошисто-мелкозернистой структуры, среднесуглинистого мехсоства.

Почва: бурозем полигенетичный пирогенезированный.

Буроземы восточного побережья п-ва Муравьева-Амурского формируются под вырубкой леса, неоднократно пройденной пожарами. Это обуславливает своеобразие их морфологического строения: отсутствие современного аккумулятивно-гумусового горизонта АУ, который, видимо, был уничтожен в результате воздействия пожаров и последующего развития эрозионных процессов.

В исследуемых буроземах проведено определение возраста погребенных гумусовых горизонтов: в разрезе 5-09 он соответствует 150±60 лет (Ki-16630), а в разрезе 3-09 – несколько меньше. На это время приходится начало активного периода освоения территории п-ва Муравьева-Амурского, сопровождавшегося существенной антропогенной трансформацией хвойных, хвойно-широколиственных лесов во вторичные широколиственные леса. Вырубки, прежде всего хвойных пород, наиболее интенсивно проходили на южном побережье, тогда как лесов восточного побережья, более отдаленного и менее доступного, они коснулись в меньшей степени. Это наглядно иллюстрируется данными палинологических исследований.

На южном побережье в спорово-пыльцевом спектре (СПС) горизонта [АУ] древостой преимущественно представлен березами (*Betula*) (84 %) с незначительной примесью липы (*Tilia*) (6.7 %), дуба (*Quercus*) (5.0 %), а хвойные породы в нем отсутствуют. В напочвенном покрове этих лесов преобладали папоротники (*Polypodiaceae*) (91.7 %) с небольшим присутствием мхов (*Bryales*) (6.9 %). В травяном ярусе до 40.9 % приходилось на лютиковые (*Ranunculaceae*) и 10–15 % – на другое разнотравье (*Cyperaceae*, *Saxifraga*, *Artemisia*, *Scrophulariaceae*). По данным СПС можно констатировать, что во время формирования горизонта [АУ] ПБ южного побережья (раз. 5-09) господствовали березовые леса с разнотравно-папоротниковым напочвенным покровом. На восточном побережье в спорово-пыльцевом спектре горизонта [АУ] древостой представлен как лиственными породами (преимущественно березами (*Betula*) – 42.7 %), так и хвойными – (23.6 %), представленными кедром корейским и сосной густоцветковой (*Pinus densiflora*, *P. Koraiensis*). В напочвенном покрове этих лесов отмечается хорошо развитый травостой, представленный на 68.3 % полынями (*Artemisia*). С учетом этого можно констатировать, что во время формирования горизонта [АУ] ПБ на восточном побережье преобладали кедрово-сосново-березовые леса с хорошо развитым полынно-разнотравным напочвенным покровом.

Обезлесивание горных склонов территории полуострова сопровождалось активизацией пирогенного воздействия и развитием эрозионных и солифлюкационных процессов, в результате чего происходило перекрытие буроземов эрозионно-солифлюкационными отложениями с последующим формированием на них верхнего (современного) элементарного профиля почв полигенетичных буроземов. Развитию солифлюкационных процессов способствовали также климатические условия этого времени, соответствующие заключительной фазе малого ледникового периода.

Морфологическое строение и данные о возрасте исследуемых почвенных профилей и прежде всего горизонта [АУ] свидетельствуют о том, что в основе формирования полигенетичных буроземов полуострова Муравьева-Амурского лежит педоантропогенез.

Педоантропогенез определяет не только формирование рассматриваемых полигенетичных буроземов, но и их экологические функции: химическую и биохимическую (Пшеничников и др., 2010), а также информационную. Антропогенная динамика химических и биохимических функций в полигенетичных буроземах проявляется в том, что в одних ПБ в верхней части выделяется аккумулятивно-гумусовый горизонт, представляющий депо элементов питания и влаги, а в других, в результате современных пирогенно-эрозионных процессов, это депо уничтожено. Информационная функция исследуемых буроземов проявляется в почвенной памяти процессов трансформации ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М: Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2006. – 364 с.
2. Пшеничников Б.Ф., Милановский Е.Ю., Пшеничникова Н.Ф. Полигенетичные буроземы юга Дальнего Востока // Биосферные функции почвенного покрова. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 40-летию юбилею Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Пушкино: SYNCHROBOOK, 2010. С. 255–257.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проектам № 09-04-00923, № 09-05-00003 и гранта Президиума ДВО № 09-III-A-09-510

УДК 631.445.24

ИЗМЕНЕНИЕ ИОННО-СОЛЕВОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА В СФЕРЕ ВЛИЯНИЯ СОЛЕОТВАЛА В г. БЕРЕЗНИКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Ю.А. Рогизная

ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова», yuliya_rogiznaya@mail.ru

В пределах Верхнекамского месторождения ведется добыча сильвинита, карнолита с последующей переработкой на предприятии «Уралкалий» в г. Березники, где ежегодно образуется 17–19 млн. тонн отходов. Солеотвалы представляют собой техногенные положительные формы рельефа, которые оказывают влияние на естественное напряженное состояние верхней части литосферы и обуславливают дополнительную пригрузку к естественному литостатическому давлению. Важным фактором влияния отвалов на природную среду является загрязнение воздушного бассейна и окружающих земель частицами заскладированных пород. На каждую полученную тонну хлористого калия приходится 3–4 тонны твердых галитовых отходов. Складирование и открытое хранение на поверхности земли легкорастворимых галитовых отходов в условиях влажного климата в результате приводит к растворению солей атмосферными осадками, образованию и скоплению высокоминерализованных рассолов (содержание солей в них доходит до 350 г/л) у основания солеотвалов. Загрязнение происходит благодаря фильтрации рассолов из тела солеотвалов (преимущественно хлоридами натрия и калия), а так же от деятельности ветра. Поэтому возник вопрос о степени засоления почв в радиусе действия солеотвала.

Исследования проводили в сфере воздействия солеотвала в г. Березники Пермского края. Для изучения степени засоления почв в окрестностях предприятия были заложены разрезы по направлению господствующих ветров на расстоянии: 5, 50, 300, 700, 1500, 2500 и 40000 м от источника загрязнения. Чтобы исключить искажения результатов анализа под влиянием окружающей среды, отбор образцов проводили на пробных площадках с учетом вертикальной структуры, неоднородности почвенного покрова, рельефа, климата местности. Незагрязненные образцы отбирали в идентичных условиях.

Проведенные исследования показывают, что по периметру солеотвала в пределах 100 м почвы замещены техногенно-поверхностными образованиями, в которых выделили три бесструктурных горизонта, имеющих повышенное плотное сложение. Почвы, удаленные от источника более чем на 100 м сохраняют морфологические признаки дерново-подзолистых.

В результате анализа отобранных образцов, установлено, изменение реакции среды почвенной среды в зависимости от расстояния от источника загрязнения. Так, на расстоянии до 50 м, по всему профилю почвы имеют нейтральную реакцию среды (от 6.0 до 6.7), а при удалении более чем на 700 м влияние террикона не проявляется.

По данным анализа водной вытяжки, на расстоянии в 50 м от солеотвала, рассолы очень сильно засоляют почву по всему профилю более-менее равномерно, что позволяет почвы отнести к засоленным – солончакам. В пределах 100 м от солеотвала проявляется хлоридный тип засоления ($Cl/SO_4 > 2.5$), по химизму засоления – натриевый. На расстоянии 100–500 м – соотношение $Cl/SO_4 = 1$, что соответствует сульфатно-хлоридному типу засоления. На расстоянии 300 м от источника загрязнения почвы также сильнозасолены, а при большем удалении почвы по всему профилю являются незасоленными.

Проведенные исследования показывают, что существует прямая зависимость между удаленностью территории от солеотвала и составом почвенного раствора. Причем дерново-подзолистые

почвы в пределах 100–300 м сильно подвержены техногенной нагрузке и только удаленность более 500–700 м постепенно приводит к снижению засоления.

Таким образом, территория, прилегающая к солеотвалу в пределах 700 метров подвергаются определенному загрязнению, что сказывается на ионно-солевом составе почвенного раствора, а это в свою очередь может привести к изменению в целом водно-воздушных и физико-химических свойств почвы. Следовательно, террикон оказывает прямое воздействие на почвы расположенные в пределах 700 м.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВАХ

А.Г. Рюмин¹, И.О. Кечайкина¹, И.А. Марченко²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, paris55@yandex.ru

²Фрибургский университет и Лундский университет

Нами были изучены серые типичные среднесуглинистые почвы на лессовидных суглинках, расположенные на участке «Лес на Ворскле» заповедника Белогорье, представляющие собой разновозрастные погребенные почвы и их целинный аналог. Погребенные почвы перекрыты покатым насыпным валом различной мощности (до 80 см), возникшим в результате изучения корневой системы модельных дубов в 1937 и 1974 годах.

Для всех разрезов в пределах 40-см гумусово-аккумулятивной толщи послойно (через 5 см) были отобраны почвенные образцы, из которых выделены препараты гуминовых кислот методом щелочного гидролиза (0,1 М NaOH), с последующей очисткой препаратов на бактериальном фильтре и осаждением серной кислотой. Зольность препаратов не превышала 3 %.

Элементный состав был определен на газохроматографическом СНН-анализаторе. Структурные характеристики препаратов гуминовых кислот определялись методом твердофазной СРМАС ¹³С-ЯМР спектроскопии на приборе фирмы Bruker. Оптическая плотность щелочных растворов ГК для разных длин волн измерена на спектрофотометре Unicо-1200. Гидродинамические радиусы, Rh, и степень полидисперсности частиц измерены методом динамического рассеяния света (фотонной корреляционной спектроскопии) на гониометре 3D LS Instruments (Фрибург, Швейцария), при угле рассеяния 90° с последующей обработкой корреляционных функций методом кумулянтов.

Исследование элементного состава препаратов ГК выявило тенденцию к увеличению содержания углерода по мере увеличения срока погребения, что косвенно свидетельствует об увеличении ароматичности и конденсированности ГК. В препаратах минимальное содержание углерода отмечено на уровне 49,6 % (весовых), а максимальное – 54,6 %.

На основании элементного состава был произведен графико-статистический анализ по Д. Ван-Кревелену (рис. 1), определена теплота сгорания по С.А. Алиеву и рассчитаны молекулярные соотношения элементов.

Анализ результатов показал, что после перекрытия поверхности почв погребавшей толщиной процесс трансформации гуминовых кислот направлен главным образом в сторону дегидрогенизации и большей восстановленности молекул ГК и сопровождается относительным увеличением запасов энергии в препаратах ГК.

Оценка структурных изменений макромолекул ГК, определенных с помощью метода твердофазной СРМАС ¹³С-ЯМР спектроскопии, показала, что в погребенных почвах увеличивается доля ароматических структур (110–150 ppm) и снижается вклад алкильных групп по сравнению с целинным аналогом (рис. 2). Особенно это заметно для погребенной почвы 1937 г. Это подтверждается и расчетом отношений компонентов ароматической и алифатической природы (см. табл.). Вклад компонентов ароматической природы в структуру молекул ГК за более чем 70 лет погребения увеличился в 1,5–2 раза. Спектральные линии в области 50–60 ppm, что соответствует -ОСН₃ и СН-НН группам и 95–110 ppm (О-СН-О группы) в случае погребенной почвы 1937 г. вообще не разрешаются. При этом увеличивается вклад спектральных линий в области 60–95 ppm, что может соответствовать относительно устойчивым непредельным углеводородам, фрагментам типа целлюлозы и т.п.

Измерение гидродинамических радиусов щелочных растворов ГК методом динамического рассеяния света показало широкую вариабельность этого показателя. Особенностью данной методики является то, что мы изучаем не индивидуальные молекулы ГК, а рассеивающие частицы такими, какими они представлены в образце, и полученные данные могут указывать и на агрегацию частиц. Средние размеры частиц находились в пределах от 200 до 550 нм. В область определения попадали и частицы других размеров – от 50 до 1100 нм, но в значительно меньшем количестве (рис. 3).

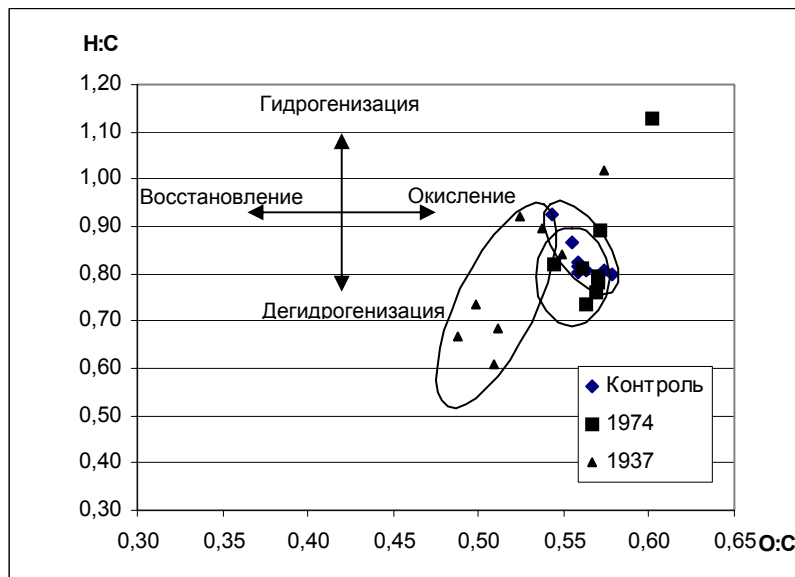


Рисунок 1. Графико-статистический анализ по Д. Ван-Кревелену.

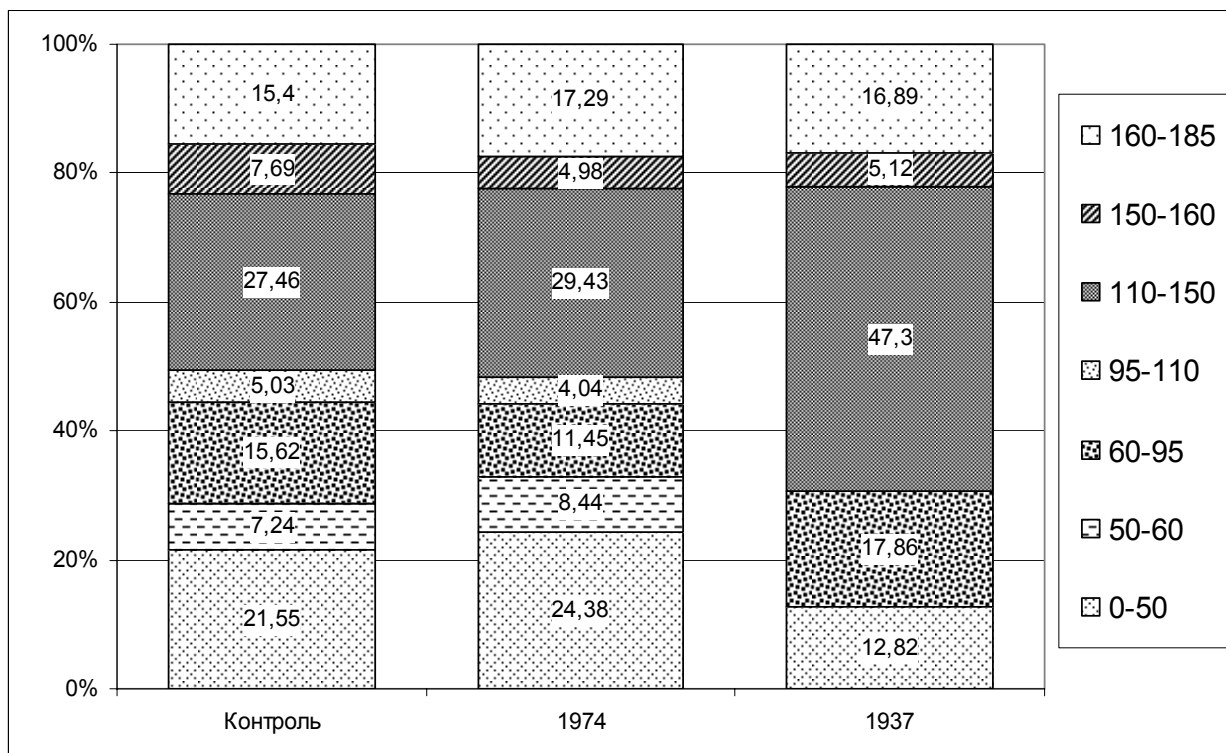


Рисунок 2. Доли структурных компонентов молекул ГК (%) по результатам ¹³C ЯМР.

Для всех разрезов характерно выраженное увеличение размеров частиц с глубиной, что наиболее заметно в контрольном варианте. В почве 1974 г. погребения такое увеличение менее выражено, а в объекте 1937 г. средние значения гидродинамических радиусов частиц почти одинаковые в пределах всей гумусово-аккумулятивной толщи. При этом прослеживается тенденция к уменьшению среднего радиуса рассеивающих частиц в зависимости от возраста погребения. Так для

контрольного варианта средний радиус изменяется от 210 нм (0–5 см) до 520 нм (35–40 см), для почвы 1974 г. от 240 до 340 нм, для почвы 1934 г. по всей изученной толще лежит в пределах 200–260 нм. Как сказано выше, значения гидродинамического радиуса частиц имеют большой разброс даже для одного препарата ГК. Вниз по профилю такой разброс образует своеобразный коридор значений с разной шириной в зависимости от глубины взятия образца. Наибольшая неоднородность характерна для профиля целинной почвы, где в слое 0–5 см размеры частиц колеблются от 100 до 314 нм, а в слое 35–40 см разброс достигает максимальных 50–1100 нм. Для почвы 1974 г. такой разброс не превышает диапазона 50–630 нм, а в случае максимального возраста погребения (1937 г.) 50–510 нм.

Таблица. Соотношение основных структурных компонентов препаратов ГК по результатам ^{13}C ЯМР.

Показатель	Контроль		1974 г.		1937 г.	
	0–5	5–10	0–5	5–10	0–5	5–10
AR/AL	0,46	0,54	0,47	0,56	0,52	1,10
AR/(AL+AR), %	31,59	35,15	31,88	35,85	34,28	52,43
Hfo/Hfi	1,17	1,31	1,23	1,69	1,56	1,88

Примечание: AR – компоненты ароматической природы; AL – компоненты алифатической природы; Hfo/Hfi – отношение гидрофобных гидрофильных фрагментов молекул ГК.

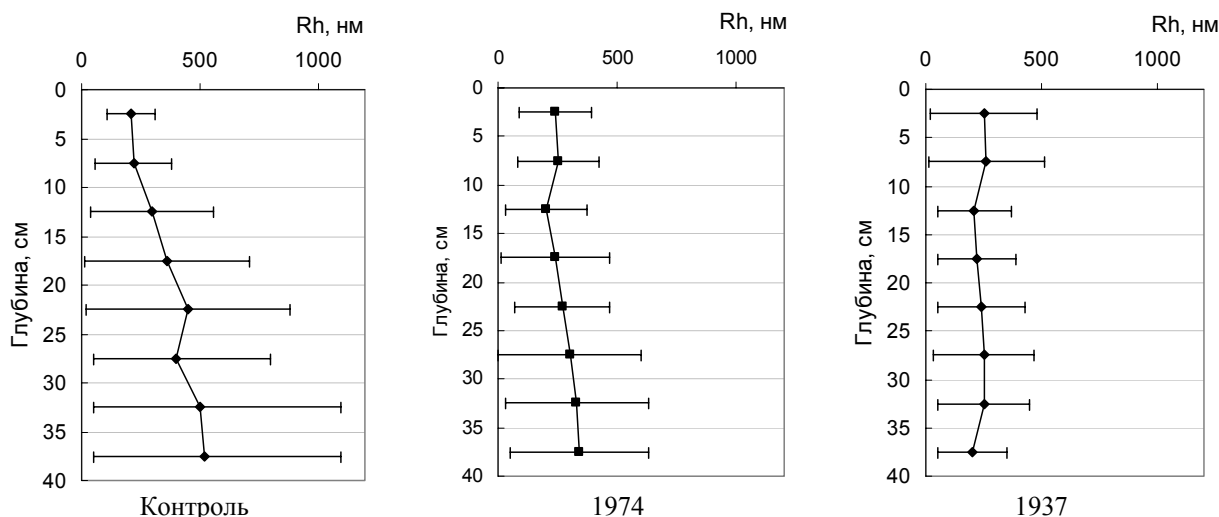


Рисунок 3. Гидродинамические радиусы и полидисперсность частиц по данным динамического рассеяния света, нм.

Оптическая плотность щелочных растворов ГК, приведенная к 0,001 % углерода, имеет близкие значения для всех образцов и почти одинаковый ход кривой, охарактеризованный нами как экспоненциальный. Минимальный коэффициент корреляции между парами образцов, полученный из корреляционной матрицы составляет 0,998. Примеры кривых поглощения для целинного разреза в оптической области спектра представлены на рисунке 4.

По результатам исследования оптической плотности видно, что наименьшие значения показателя характерны для самых верхних горизонтов, а с глубиной оптическая плотность увеличивается. Исключение составляет оптическая плотность слоя 0–5 см для разреза 1937 г., что может быть связано с некоторым перемешиванием этого слоя с материалом насыпной толщ. Также в парах соседних образцов встречаются близкие значения или даже инверсия описанной зависимости, что свидетельствует о сходстве свойств образцов и незначительной флуктуации измеряемого параметра. Расчет коэффициента цветности $E_{465/650}$ также не позволил выявить каких-либо значимых закономерностей.

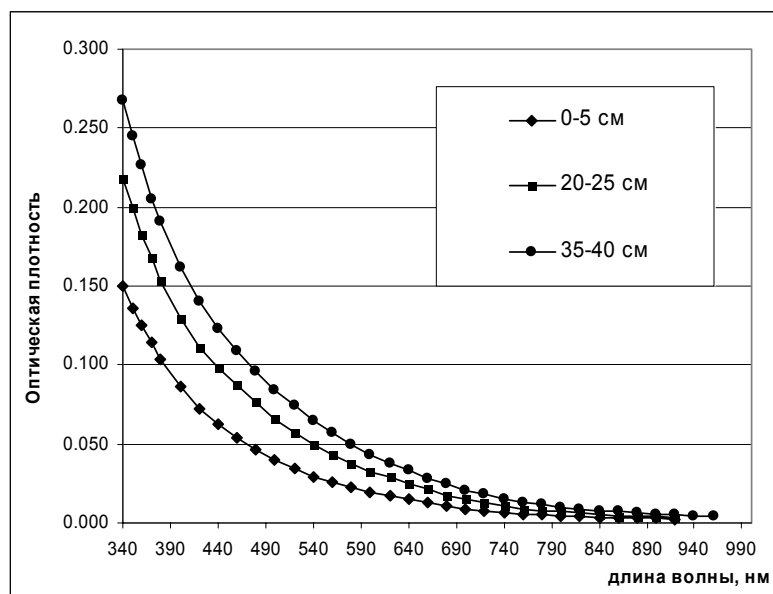


Рисунок 4. Оптическая плотность щелочных растворов ГК, приведенная к 0.001 % углерода контрольной почвы.

Таким образом, прослеживаются подтвержденные несколькими методами достаточно отчетливые закономерности эволюции структуры ГК серых лесных почв в условиях погребения. Возрастание ароматичности и относительное накопление не только циклических, но других биохимически устойчивых структур ГК связано с воздействием биотических и абиотических факторов в условиях резкого дефицита поступления свежих органических остатков в погребенные гумусовые горизонты.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-01459-а и № 10-04-01247-а.

УДК 574.4:504.054; 631.41:504.53.054

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ

В.Л. Самохвалова

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» НААНУ,
г. Харьков, Украина, v.samokhvalova@mail.ru

Основная идея исследований (рабочая гипотеза) – стратегия нормирования содержания микроэлементов (МЭ), тяжелых металлов (ТМ) в почве предусматривает разработку нормативов качества почв, согласно физико-химическим, биологическим свойствам и другим показателям экологического состояния почв, при соблюдении которых обеспечивается их благоприятное состояние, и качество почв гарантирует устойчивое функционирование отдельных компонентов агро-и экосистем (растения, микробиоценоз почв и т.д.).

Разработка нормативных показателей качества системы почва-растение предусматривает нормирование содержания и накопления химических элементов (ТМ, МЭ) системы, нормирование загрязнения. Для этого в почвах и растениях необходимо установить нормативы их оптимального содержания (*нормирование состояния*) и разработать нормативы загрязнения (*нормирование нагрузки*) при учете объекта регламентации (свойства почвы, качество растений, мероприятия по оптимизации элементного статуса системы почва-растение), содержания регламентации (снижение плодородия почв, показателей качества растений, ПДК, ОДК, МДУ загрязнения), вида регламентации (кадастровая, экологическая, мелиоративная) и дифференциации разработанных нормативов (почвенно-климатическая, технологическая).

К нормативам качества почв относительно элементного состава отнесены *нормативы, установленные согласно физико-химическим показателям состояния почв*, в том числе нормативы содержания химических веществ и соединений, нормативы содержания ТМ и нормативы относи-

тельно загрязнения почв; *нормативы, установленные согласно биологическим показателям почв*, в том числе видов и групп растений определенных территорий, использованные как индикаторы качества почв, а также нормативы содержания ТМ почв относительно функционирования микроорганизмов. При установлении нормативов качества почвы должны быть учтены природные особенности территорий, назначение почв и характер их использования.

Необходимость разработки естественных эталонов нормы элементного пула почв, растений (нормирование состояния) связана с отсутствием теории оценки нормы, недостатка МЭ, избытка ТМ в трофических цепях.

Рациональным путем мониторинга (диагностика, оценка, прогноз) почвенной системы является сравнение комплекса характеристик установленных изменений элементного состава, функций и качества почв, растений при естественных условиях и при техногенном загрязнении определенной территории с эталоном, как точки отсчета. Необходимо проведение оптимизации содержания МЭ и ТМ, управление элементным составом и качеством в системе почва-растение с учетом биологических особенностей растений относительно МЭ статуса и свойств почв. Как результат, возможным является корректный выбор и научное обоснование создания региональных почвенных эталонов, прогнозирование и моделирование рисков отрицательных влияний на систему почва-растение.

В предыдущих исследованиях нами установлено, что естественное содержание МЭ и ТМ (валовые и подвижные формы) в почвах разного генезиса и свойств заметно отличается, а каждый вид растений поглощает из почвы и накапливает генетически детерминированное количество химических элементов. Для почв разных типов целесообразно использовать определенный перечень выращиваемых растений, которые являются главным критерием доступности МЭ и ТМ. Регламентацию их содержания следует проводить по результатам количественной почвенно-растительной диагностики, которая значительно повысит объективность выделения определенных почвенных выделов и является преимуществом перед существующими альтернативными подходами, которые базируются на данных химической экстракции МЭ из почв при произвольном ранжировании этого признака.

Стратегия индикации состояния системы почва-растение базируется на определении региональных особенностей состава химических элементов почв и растений, диагностике, оценке степени обеспеченности почв физиологически необходимыми МЭ, в частности в условиях постоянного или перманентного действия фактора загрязнения. С учетом гетерогенности геохимической среды есть необходимость в анализе возможных сценариев действия химических элементов (оптимальность, толерантность, токсичность) в биокосной и биологической системах, учета влияния антропогенного фактора в агроэкосистемах, установления диапазонов оптимального состояния системы почва-растение, дозы влияния, выявления порогов чувствительности, токсичности и ранжирование возможных рисков.

Необходимы методологические основы диагностики, оценки чувствительности, толерантности, транслокации, фитотоксичности химических элементов и установление пороговых уровней (порог выявления адаптационных реакций, порог реакций компенсаций, порог деградиационных реакций) влияния ТМ и их соотношение в системе почва-растение, разработки мероприятий ликвидации экстремальных геохимических условий с целью оптимизации состояния и восстановления свойств системы.

Стратегия реабилитации загрязнения состоит в разработке научных основ оптимизации состояния системы почва-растение при регулировании элементного состава растений в условиях избытка элементов на основе использования системного подхода, методов оптимизации, моделирования. Таким образом, исследуется объект, явление и уровень влияния фактора.

Экологическое нормирование содержания МЭ и ТМ в системе почва-растение направлено на решение следующих практических задач:

- разработка методики установления экологических нормативов содержания МЭ в почвах с учетом их накопления в растениях, выделение диапазонов оптимального и избыточного уровней МЭ для отдельных с.-х. культур и установление нормативов допустимого их привнесения в почву;
- уточнение показателей индикации экологического состояния почв и растений относительно обеспеченности МЭ, определение пороговых концентраций элементов, параметров и критериев

- оценки качества системы почва-растение по элементному составу и содержанию загрязнителей;
- разработка проектов нормативных документов (экологические нормативы, правила, регламенты) направленных на осуществление мероприятий по охране почв и рациональному их использованию;
 - определение потребностей регионов Украины, подверженных константному или перманентному влиянию загрязнений, в мероприятиях и средствах эффективного влияния на микроэлементный статус почв определенных типов с учетом биологических особенностей растений определенных видов/семейств, предоставление сельскохозяйственным производителям рекомендаций по применению эффективных способов оптимизации микроэлементного питания и его реабилитации при загрязнении;
 - диагностика и оценка уровня продуктивности растений, эколого-экономическая оценка ущерба от загрязнения неорганического происхождения;
 - выявление деградационных процессов, кризисных явлений, отрицательных тенденций изменений состояния почвенного покрова и разработка рекомендаций по проведению мероприятий, предотвращающих развитие деградации почв (оптимизация структуры землепользования, проведение мелиоративных мероприятий);
 - разработка прогноза относительно использования земельных ресурсов и изменений микроэлементного статуса системы почва-растение при загрязнении;
 - разработка стратегии экологически обоснованного использования и управления качеством в системе почва-растение, содействующей сохранению почв и воспроизведению их плодородия, оздоровлению окружающей среды, повышению качества жизни.

Нормативно-методической базой исследований являются: принципы и методы системного анализа, системологии, экологии, экотоксикологии, биогеохимии и экологического менеджмента, использование целевых, созданных нами, баз данных и применение современных ГИС-технологий, данных мониторинга почв и агрохимической паспортизации земель, существующего информационно-аналитического и нормативно-методического обеспечения относительно диагностики, оценки, прогноза и нормирования содержания ТМ, регламентации антропогенного влияния на качество почв и растений.

Результатами теоретического обоснования экологического нормирования содержания ТМ в системе почва-растение являются:

- методология экологического нормирования содержания ТМ и регламентации влияния загрязнения на качество почв и растений, для выбора оптимального пути разработки теоретических основ экологического нормирования содержания ТМ в почвах; как базы для новых научных исследований относительно разработки методического и технического решения задач экологической экспертизы, экологической стандартизации, сертификации и паспортизации почв для рационального управления почвенными ресурсами;
- система диагностики, оценки и прогноза содержания МЭ и ТМ в системе почва-растение, как основа для проведения экологического нормирования содержания химических элементов;
- методические подходы к установлению нормативов содержания МЭ и ТМ в системе почва-растение и научные принципы определения нормативов предельно допустимого привнесения ТМ в почвы;
- концепция использования техногенно загрязненных почв в Украине для разработки системы эколого-стабилизирующих мероприятий по охране почв от деградации и научно-информационных основ их использования и восстановления свойств;
- усовершенствованные методы экологической реабилитации техногенно загрязненных почв для эффективного применения методов, способов, мероприятий реабилитации загрязненных почв, восстановления их плодородия;
- система управления элементным составом и качеством почв и с.-х. культур для охраны и управление качеством почв, разработки нормативов и регламентов эффективного землепользования на основе функционально-экологической оптимизации.

Теоретическое обоснование создания системы нормативных показателей качества почв, в частности содержания химических элементов, является инструментом обеспечения эффективного использования (планованность, пропорциональность) почв в системе управления. Разработка системы нормативов для планирования, использование ресурса нуждается в системе норм использо-

вания МЭ, ТМ почвы растениями, животными, человеком, согласно существующим трофическим цепям. На базе установленных нормативов возможным является проведение расчета объемов необходимых ресурсов относительно микроудобрений, видов работ и затрат материалов, целесообразности использования мероприятий оптимизации в аграрной сфере, что позволит снизить трудоёмкость формирования норм, увеличить их достоверность и эффективность функционирования системы за счет оптимизации управленческих решений, создания механизма практической реализации статей 165, 167, 169, 170, 191 *Земельного кодекса Украины*, статей 31 и 32 *Закона Украины «Об охране земель»*.

Научно-техническим следствием экологического нормирования содержания МЭ и ТМ в системе почва-растение является создание системы менеджмента качества системы, большая управляемость, прогнозируемость и сбалансированность развития системы, усовершенствование нормативной базы охраны почв Украины.

УДК 631.416.8 : 633.11

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

А.Н. Ратников¹, Т.Л. Жигарева¹, Н.И. Санжарова¹, Д.Г. Свириденко¹, Г.И. Попова¹, К.В. Петров¹,
Н.К. Сюняев²

¹Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии» Россельхозакадемии,
г. Обнинск, Калужской области, ratnikov@riar.obninsk.org

²Калужский филиал Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, г. Калуга

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) и другими токсическими соединениями в ряде регионов Российской Федерации значительно превышает безопасные уровни, что является причиной деградации сельскохозяйственных земель.

Почва – основной депозитарий загрязняющих веществ в агроценозе, обладающий большой емкостью по отношению практически ко всем веществам. Почву можно рассматривать как естественный барьер при переносе загрязнителей по трофической цепи, ведущей к человеку. С практической точки зрения, на роли и функциях почвы в агроценозе базируется разработка приемов рекультивации (восстановления) загрязненных территорий.

Рекультивация земель направлена на восстановление продуктивности загрязненных и нарушенных в результате работы промышленных предприятий и автотранспорта почв. Биологический этап рекультивации включает комплекс фитомелиоративных, агрохимических приемов по восстановлению нарушенного ранее агроландшафта. Кроме того, необходимо проведение агротехнических мероприятий по восстановлению плодородия почвы и систематический уход за вновь созданным фитоценозом.

В России ТМ загрязнено 3.6 млн. га почв сельскохозяйственных угодий, из них более 1 млн. га загрязнено особо токсичными элементами – Cd, Zn, Pb, Hg (I класс опасности) и около 2.3 млн. га – токсичными – Cu, Ni, Co, Cr (II класс опасности) [1]. Загрязнение сельскохозяйственных угодий ТМ устанавливается на основании фактов обнаружения повышенных концентраций их в почвах, продукции растениеводства; снижения урожайности и ухудшения качества продукции.

Постоянное увеличение площадей техногенно нарушенных земель, усиление их отрицательного влияния на прилегающие территории, выдвинули проблему рекультивации в число важнейших национальных программ в области природопользования.

Эффективность основных технологических приемов восстановления сельскохозяйственных земель, загрязненных тяжелыми металлами, по показателю снижения накопления ТМ в сельскохозяйственной продукции, представлена в таблице [2].

Рекультивация сельскохозяйственных земель, загрязненных тяжелыми металлами.

1. Применение *новых видов удобрений на основе природных сорбентов*. Разработанное в ГНУ ВНИИСХРАЭ новое недорогое комплексное удобрение пролонгированного действия *Супродит* на основе трепела Зикеевского месторождения Калужской области представляет собой смесь комплексного сорбента и органической фракции, обогащенную азотом в легко усваиваемой растения-

ми форме и содержащую биологически активное вещество (гумат калия). Удобрение содержит азот (14.0 %), фосфор (15.7 %), калий (11.2 %), 41.7 % органического вещества, и обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к загрязняющим почву ТМ техногенного происхождения. Супродит применяется в дозах, общепринятых для сложных удобрений (800–1200 кг/га), в качестве основного удобрения. Он по эффективности выше промышленных удобрений (NPK и нитрофоски), сохраняет свое действие и на второй год после внесения. Применение Супродита в вегетационных и полевых опытах на дерново-подзолистых почвах снижало переход Cd, Zn, Cu, Pb в зерно зерновых культур (ячменя, пшеницы и овса) в 1.2–4.0 раза по сравнению с внесением промышленных удобрений [3]. Дозы внесения Супродита под яровые зерновые культуры – 800–1000 кг/га, под многолетние травы – 1000–1300 кг/га.

Таблица. Эффективность основных технологических приемов восстановления сельскохозяйственных земель.

№ п/п	Технологический прием	Кратность снижения накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции, раз
1	Вспашка с оборотом пласта	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 1.2–3.0
2	Глубокое безотвальное рыхление (40–45 см)	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 2.0–3.0
3	Чередование культур (севооборот)	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 1.5–2.0
4	Подбор сортов и видов культур	Cd, Pb, Zn, Cu – от 1.5 до 10
5	Известкование (в дозе 1.5–2.0 Нг)	До 2.0–2.5 (кроме Cr, Mo, As, Se)
6	* Применение органических удобрений	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 1.2–2.3
7	** Применение калийных удобрений	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 1.2–1.7
8	** Применение фосфорных удобрений	Cu, Ni, Zn – 1.2–2.5
9	Комплексное окультуривание (известкование, внесение удобрений и т.д.)	Cd, Pb, Zn, Cu – 1.2–3.5
10	Применение природных сорбентов (трепела, глины и др.) и удобрений на их основе (Супродит)	Cd, Pb, Zn, Cu, Co – 1.3–5.0
11	Применение биопрепаратов и физиологически активных веществ	Cd, Zn, Cu, Pb – 1.2–2.0
12	Коренное улучшение лугов и пастбищ	Cd, Pb, Zn, Cu – 1.2–4
13	Вспашка с оборотом пласта лугов и пастбищ	Pb, Cu Cd, Zn – 2–4
* – более 30 т/га, ** – дополнительно 1Р, 1К, к региональным дозам удобрений		

2. Совместное применение Супродита и обезвоженных осадков сточных вод (ООСВ). В полевых опытах при возделывании овса и ячменя на малоплодородной дерново-подзолистой супесчаной почве Супродит вносили в дозе 800 кг/га, ООСВ – 10 т/га, минеральные удобрения (нитрофоску) в дозе N₉₀P₉₀K₉₀. Внесение только ООСВ повышало поступление ТМ в зерно. Использование ООСВ на фоне Супродита значительно (в 1.3–1.8 раза) уменьшало накопление Cd, Ni, Pb в зерне овса и ячменя из-за сорбционных свойств данного препарата [4]. Применение ООСВ на фоне Супродита позволяет получать экологически безопасную продукцию зерновых культур.

3. Применение биопрепаратов. Обработка смесью новых биологически активных бактериальных препаратов *Азотовит* (суспензия несимбиотических азотфиксирующих бактерий) и *Бактофосфин* (суспензия свободноживущих силикатных бактерий) семян ячменя перед их посевом в загрязненную Cd₆ мг/кг дерново-подзолистую почву в условиях вегетационного опыта увеличила массу зерна на 12 %. Препараты снижали накопление Cd в зерне на 29 % [5]. Обработка препаратами семян ячменя перед их посевом в загрязненную Zn₆₀₀ почву способствовала повышению массы зерна на 18 %, а Cu₃₉₀ – на 15 %, соответственно. Снижение накопления Zn в зерне при этом составило 8 %, а Cu – 10 % [5].

4. При ведении растениеводства на землях, загрязненных ТМ, необходимо составлять специальные *севообороты* культур. Проводят подбор видов, обладающих высоким коэффициентом накопления элемента и формирующих большую биомассу. Затем растения подвергают утилизации и захоронению. При загрязнении Pb для этих целей возможно использование бобовых культур (вики, люцерны, гороха и т. п.). По данным Уразаевой (2006), использование сахалинской гречихи (многолетний полукустарник) за 3 укоса в один год избавляет каждый гектар от 2.4 кг Pb, 1.3 кг Cd, некоторого количества Zn и других ТМ, что позволяет возвращать очищенную почву в сельскохозяйственный оборот. С учетом биологических особенностей культур севооборота будет осуществлять

ся очистка почв, а последующая переработка этих культур должна максимально очистить растения от загрязнителей.

Применение усовершенствованных технологических приемов восстановления сельскохозяйственных земель, подверженных техногенному загрязнению, позволяет не только получать экологически безопасную продукцию, но и возвращать сельскохозяйственные угодья в оборот.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Проблемы деградации, охраны и восстановления продуктивности сельскохозяйственных земель России.* / Под ред. акад. Россельхозакадемии Г.А. Романенко. М.: ВНИИА, 2007. 76 с.

2. *Реестр технологических приемов* восстановления техногенно нарушенных сельскохозяйственных земель. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. 106 с.

3. *Алексахин Р.М., Ульяновко Л.Н., Филипас А.С., Круглов С.В., Ратников А.Н., Анисимов В.С., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Лой Н.Н., Свириденко Д.Г.* Исследование механизмов поглощения радионуклидов и тяжелых металлов растениями из почв и разработка приемов ограничения поступления загрязняющих веществ в урожай в условиях техногенеза (09-04-13621) // Материалы Всероссийской научной конференции «Ориентированные фундаментальные исследования и их реализация в агропромышленном комплексе России». 14–15 апреля 2010 года. Москва: РАСХН, РФФИ, 2010. С. 187–192.

4. *Н.К. Сюняев, О.И. Сюняева, А.Н. Ратников, Д.Г. Свириденко, К.В. Петров.* Повышение производительной способности дерново-подзолистых почв пригородной зоны г. Калуги / Состояние и охрана окружающей среды в Калуге. Информационный обзор. Калуга: Издание комитета по охране окружающей среды и контролю в сфере благоустройства Управления городского хозяйства г. Калуги, 2009. С. 34–35.

5. *Жигарева Т.Л., Свириденко Д.Г., Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Попова Г.И., Петров К.В., Никульшин В.А.* Применение нового бактериального препарата в условиях техногенного загрязнения // II Международная научная конференция «Современные проблемы загрязнения почв» Сборник материалов. Том 1. М.: МГУ, 2007. С. 350–354.

УДК 631.417(571.56-25)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ г. ЯКУТСКА)

Н.Е. Сивцева, Я.Б. Легостаева, В.С. Макаров

ФГНУ Институт прикладной экологии Севера, г. Якутск, sivnatalia81@mail.ru

Интенсивная деятельность человека в пределах крупных городов приводит к существенному изменению почвенного покрова. В результате формируются специфические почвы и почвоподобные тела с преобладающим антропогенным фактором в процессе почвообразования.

Исследования проводились с 2007 г. по 2010 гг. все пробы анализировались в лаборатории физико-химических методов анализа ФГНУ ИПЭС, анализ органического вещества проводился методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), фракционный состав гумуса определен по методу Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (МУ).

На территории Республики Саха (Якутия), наиболее антропогенно преобразованным является город Якутск, за 376-летнюю историю развития города, на ее территории сформировались почвы и почвоподобные тела – урбаноземы с мощностью антропогенного слоя «урбик» от 20–30 см на окраинах и до 3-х метров в центре города.

Территория города характеризуется неравномерным распределением основных физико-химических свойств в пространстве. Пространственную изменчивость содержания гумуса на территории города можно наблюдать на рисунке 1.

Органическое вещество в почве играет огромную роль, как в качестве плодородия, так и умения удерживать и обезвреживать патогенные вещества, поступающие из атмосферы, но вследствие антропогенного пресса почва обеднена органическим и веществом.

В урбаноземах, несмотря на специфичность почвенного профиля и большую засоренность его разного рода твердыми включениями, протекают процессы гумусообразования и гумусовой аккумуляции. Степень выраженности этих процессов зависит от возраста наноса, условий исполь-

зования и ряда других обстоятельств. В результате выбросов различных токсических веществ и материалов в городскую среду, происходит постепенное накопление их на поверхности городской почвы, в результате чего она теряет свои санитарные функции, в которых органическое вещество играет ведущую роль.

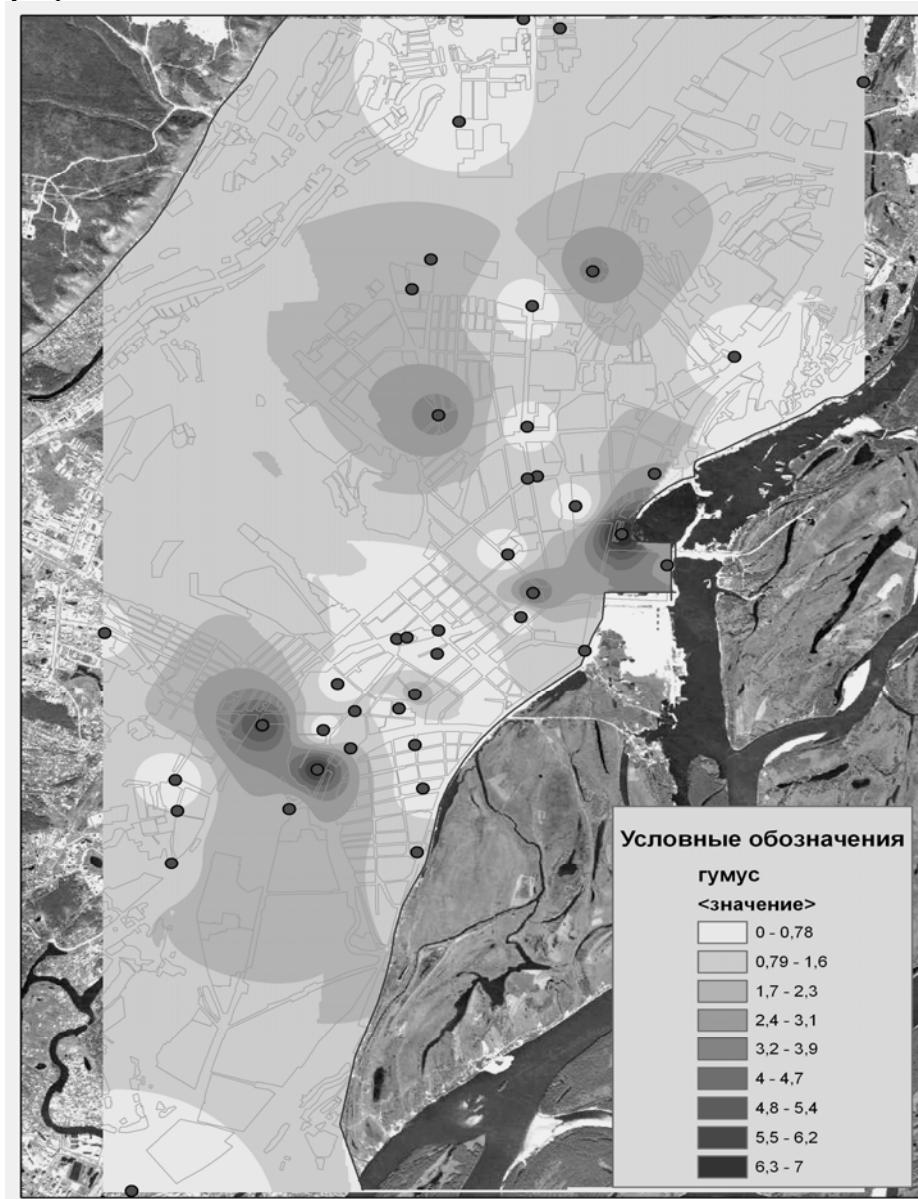


Рисунок 1. Схема-карта распространения органического вещества в поверхностных слоях урбаноземов на территории г. Якутска

Содержание органического вещества в городских почвах варьирует и зависит от его величины в исходном субстрате, а также от применения органических и минеральных удобрений, привнесения органического мусора и т.д. В молодых почвах города в составе органического вещества доминируют компостные системы и низкогумифицированная фульвокислотная фракция (Антропогенные почвы, 2003).

Органическое вещество в урбаноземах г. Якутска присутствует в малых количествах: от 0,1 до 2–3 % с максимумом в верхних слоях. Закономерности распределения органического вещества по почвенному профилю урбаноземов значительно отличаются от природных. Как правило, в урбаноземах г. Якутска органическое вещество присутствует на разных глубинах, это может быть и засыпанные природные органогенные горизонты или привнесенный органический материал. Например, затеки ГСМ, битумоидов и т.д. Соответственно в таких случаях зафиксированы пики до 4–5 %. Пример распределения органического вещества по профилю урбанозема, характеризующего центр г. Якутска, можно увидеть на рисунке 2.

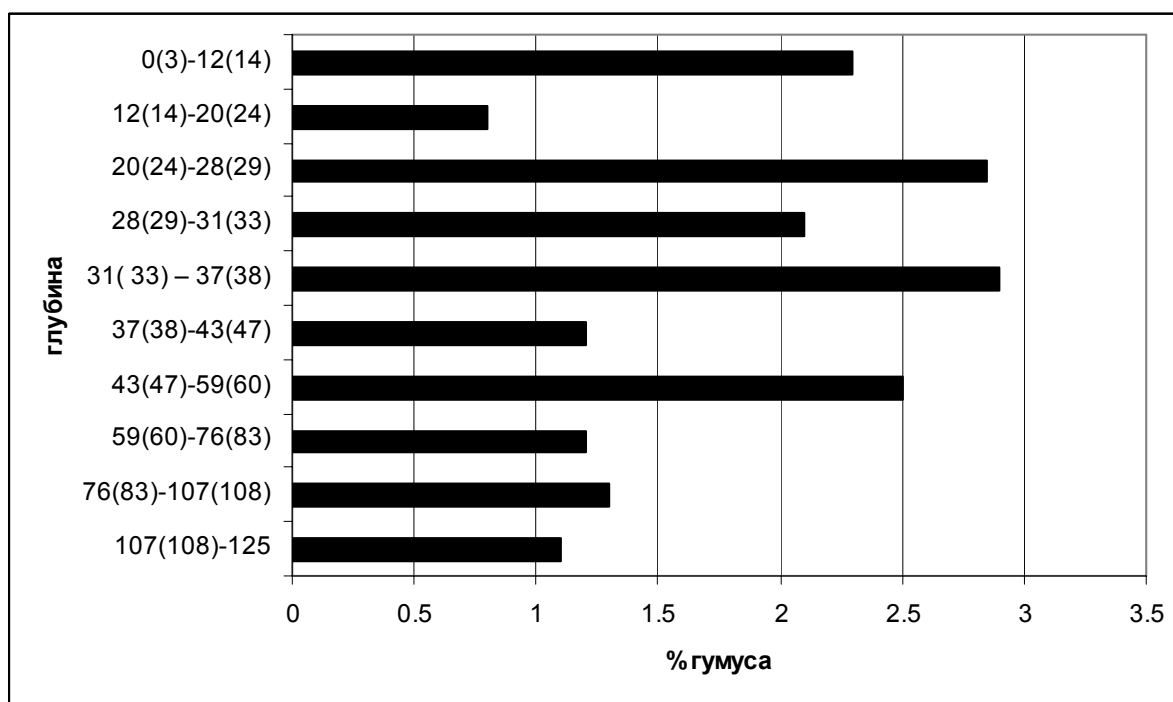


Рисунок 2. Характер распределения гумуса по профилю урбанозема г. Якутска

Анализ фракционного состава гумуса показал превышение фульватно-гуматного типа гумуса и выявил его слабую степень разложённости, что характерно в целом для городских почв (рис.3.).

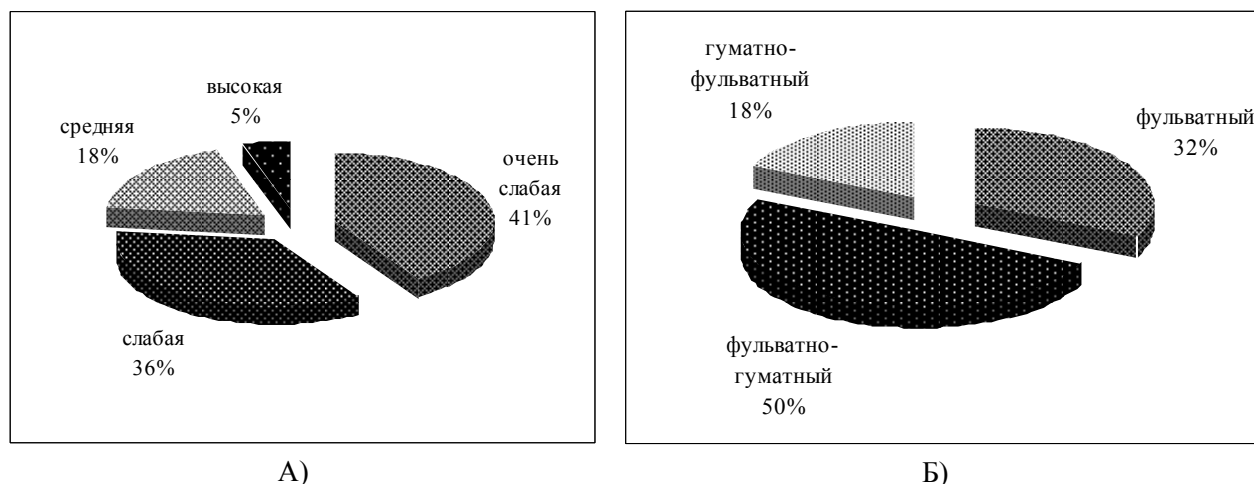


Рисунок 3. Характеристика органического вещества урбаноземов г. Якутска
а) тип гумуса; б) степень гумификации органического вещества.

Среднее содержание негидролизующего остатка (40–60 %) характеризует слабую степень гумификации и прочность закрепления гумусовых веществ с глинистой фракцией в отличие от природных почв, которые характеризуются более высоким содержанием негидролизующего остатка (70–80 %).

Таким образом, селитебные территории г. Якутска характеризуются наличием почв и почвоподобных тел, с различной степенью антропогенно-преобразованных профилей, для которых характерно неравномерное распределение гумуса. Органическое вещество очень слабо гумифицировано (Сорг.= 0.1 до 3 %) и имеет преимущественно фульватно-гуматный тип гумуса.

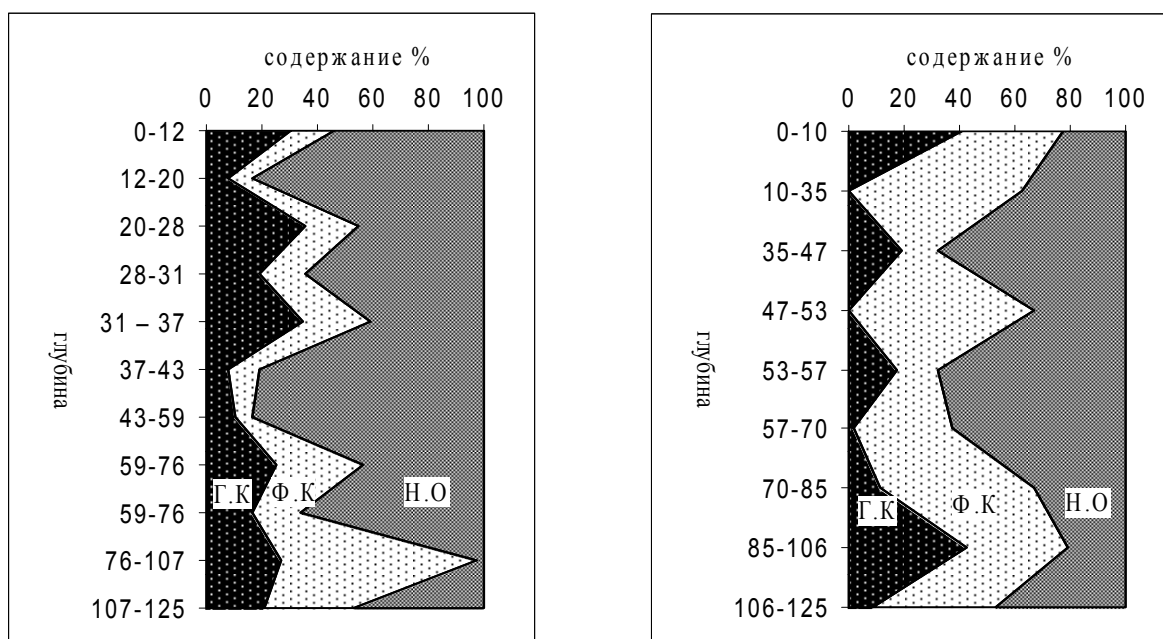


Рисунок 4. Характеристика фракционного состава гумуса в профиле урбаноземов г. Якутска.
Г.К. – гуминовые кислоты; Ф.К. – фульвокислоты; Н.О. – негидролизуемый остаток.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М: МГУ, 1961 г. 489 с.
3. М.И.Герасимова, М.Н.Строганова, Н.В.Можарова, Т.В.Прокофьева. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией академика РАН Г.В.Добровольского. М.: Ойкумена, 2003. – 270 с.
4. Дергачева М.И., Калласс Е.В. Методические указания по определению органического вещества по методу В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой, 2002 г. 26 с.

УДК 631.618

МАСШТАБЫ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА

Д.А. Соколов

Учреждение Российской академии наук Институт почвоведения и агрохимии Сибирского
отделения РАН (ИПА СО РАН), г. Новосибирск, sokolovdenis@mail.ru

Известно, что процесс техногенеза заключается в преобразовании биосферы, и сопровождается совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью человека по извлечению и перегруппировке ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений (Реймерс, 1990). В результате действия этого процесса в Кузбассе предприятия на поверхность выносят до 3 миллиардов тонн твердых отходов в год (Захаров, 2006). Большую часть этих отходов составляют вскрышные и вмещающие породы, извлекаемые при разработке угольных месторождений открытым способом. Если принять во внимание, что до 2–3 % этой массы представляют собой восстановленные вещества (углистые частицы, закисные формы металлов и др.), то объем выносимых на поверхность восстановленных соединений может составлять до нескольких миллионов тонн в год. На поверхности, попадая в окислительные условия, эти вещества начинают окисляться. Процесс окисления сопровождается образованием новых соединений, способных накапливаться или мигрировать, и, тем самым, осложнить экологическую обстановку в естественных ландшафтах.

Учитывая, то, что окислительные процессы в техногенных ландшафтах протекают одновременно с почвообразованием и, по сути, являются их специфической составной частью, то крайне важной становится необходимость исследования этих процессов одновременно. По этой причине

целью данного исследования явилось – выявление особенностей окислительных процессов протекающих в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса и оценка их масштабов. Для достижения данной цели необходимым условием является решение следующих задач.

1. Определить запасы веществ способных к окислению в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса.

2. Установить групповой состав восстановленных веществ по степени устойчивости их к окислению.

3. Выявить зависимость между содержанием окисляемых веществ и этапами эволюции почв техногенных ландшафтов.

Объектами исследований были выбраны техногенные ландшафты, представленные отвалами угольных разрезов Кузбасса. В почвенном покрове, сформированном на исследуемых территориях выделяют четыре типа почв, которые, в соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов И.М. Гаджиева и В.М. Курачева (Экология..., 1992), относятся к инициальным, органо-аккумулятивным, дерновым и гумусово-аккумулятивным эмбриоземам. Если привести корреляцию с классификацией почв России 2004 г. (Классификация..., 2004), то инициальным эмбриоземам соответствует подгруппа литостратов из группы натурфабрикатов техногенных поверхностных образований. Для следующего органо-аккумулятивного эмбриозема по классификации почв России соответствует тип псаммозёмов относящиеся к отделу литозёмов. Дерновым и гумусово-аккумулятивным типам эмбриозёмов наиболее близки псаммоземы и пелоземы гумусовые отдела литозёмов. Непосредственным объектом исследований выступают формирующиеся в эмбриоземах окислительно-восстановительные системы. Поэтому одной из главных методических задач являлось определение содержания и фракционного состава восстановленной составляющей окислительно-восстановительных систем.

Специфика окислительно-восстановительных систем в почвах техногенных ландшафтов во многом определяется природой их компонентов. Так, если в почвах естественных ландшафтов компоненты окислительно-восстановительных систем формируются в результате преимущественно биогенных и педогенных процессов, то в эмбриоземах не менее важную роль играют и хемогенные процессы. Поэтому окислительное преобразование вовлекаемых в почвообразование веществ здесь возможно по двум путям: педогенному и/или хемогенному.

Учитывая такую специфику процессов, протекающих в эмбриоземах, необходимо пояснить, что под *хемогенными компонентами* окислительно-восстановительных систем, понимаются вещества, образующиеся в результате химических превращений соединений любой природы, протекающих без участия биогенных или педогенных процессов. В исследуемых почвах эти вещества, как правило, формируются при окислении соединений литогенной и реже биогенной или педогенной природы.

Отличительной особенностью хемогенных веществ является то, что они способны образовываться при окислении биогенных или литогенных веществ и вне профиля почвы. Образование хемогенных веществ, в исследуемых почвах, сопровождается формированием целого ряда устойчивых в данных условиях соединений. Зачастую весьма токсичных. Это, как правило, фенолы, бензопирены и их производные. В отличие от них *педогенные компоненты* окислительно-восстановительных систем представляют собой, вещества, преобразованные в результате действия элементарных почвенных процессов. К этим веществам относятся вторичные минералы, полуторные оксиды, гумусовые вещества и другие соединения. Формирование этих веществ находится в зависимости от всех факторов почвообразования, определяющих почвенные процессы. В эмбриоземах ранних стадий эволюции почв этих веществ гораздо меньше, чем в естественных почвах. По мере развития почвы накопление педогенных компонентов происходит медленно, и становится хорошо заметным только на дерновой и гумусово-аккумулятивной стадии.

Особенностью окислительно-восстановительных компонентов педогенной природы почв техногенных ландшафтов является то, что формирование окислительно-восстановительных систем возможно также и из веществ литогенного и хемогенного происхождения. Это возможно при вовлечении в окислительные процессы углистых частиц и их продуктов. В этом случае, формирующееся в техногенных ландшафтах почвы, выступают в качестве основного геохимического барьера, и тем самым способствуют закреплению и детоксикации продуктов окисления. Так, например, в результате окислительно-восстановительных процессов подвижные органические вещества способны объединяться в полимеры, сходные по свойствам (соответственно и функциям) с гумусовы-

ми кислотами (Орлов, 1990). При этом процессы почвообразования выступают своего рода «конкурентами» для процессов хемотренного окисления.

Проведенные исследования показали, что почвы техногенных ландшафтов по сравнению с зональными почвами характеризуются повышенным содержанием восстановленных веществ. Наибольшие запасы восстановленных веществ приурочены к инициальным эмбриоземам, и, в пересчете на углерод, составляют 796.5 т/га. В следующих двух типах почв, наиболее характерных для техногенных ландшафтов Кузбасса, содержание восстановленных заметно меньше. Так в органо-аккумулятивных и дерновых эмбриоземах содержание восстановленных веществ вдвое меньше, чем в инициальных, и составляет 414.5 и 390.5 т/га соответственно. Еще для одного типа почв распространенного на отвалах Кузбасса, гумусово-аккумулятивного эмбриозема, характерно содержание восстановленных веществ, составляющее 525.5 т/га. Относительно высокое содержание восстановленных веществ в гумусово-аккумулятивных эмбриоземах обусловлено развитием здесь генетических горизонтов (гумусово-аккумулятивного, дернового и горизонта травянистой подстилки), которые ограничивают контакт пород с поверхностью, препятствуя, тем самым, развитию окислительных процессов.

В целом по Кузбассу запасы восстановленных веществ в эмбриоземах в верхней полуметровой толще, так называемой зоне окисления (Гумусообразование..., 1986), в пересчете на углерод, составляют 29.7×10^6 тонн. При этом в инициальных эмбриоземах содержится 13.5×10^6 тонн восстановленных веществ. В органо-аккумулятивных, дерновых и гумусово-аккумулятивных эмбриоземах содержание восстановленных веществ составляет 7.7×10^6 , 5.5×10^6 и 3.0×10^6 тонн, соответственно. Учитывая то, что восстановленные вещества в основном представлены углистыми частицами, неустойчивыми в данной геохимической обстановке, можно отметить, что с течением времени при их полном окислении в атмосферу может выделиться до 108.9×10^6 тонн углекислого газа, а вместе с тем 23.3×10^9 калорий энергии. Для сравнения, количество тепловой энергии, выделяемое всеми ТЭЦ и котельными в России, составляет 1.8×10^9 калорий в год.

Исследование компонентного состава восстановленных веществ основывалось на определении соединений по степени устойчивости их к окислению. Исходя из того, что все компоненты окислительно-восстановительных систем представляют собой соединения с различной степенью устойчивости к окислению применяемые методы позволили выделить фракции трудно-, средне- и легкоокисляемых веществ, в мг-экв на 100 г почвы. Анализ полученных результатов показал, что компонентный состав восстановленных веществ в исследуемых почвах имеет сложную гетерогенную природу, и включает соединения литогенного, биогенного, хемотренного и педогенного происхождения. Также было установлено, что в процесс эволюции эмбриоземов сопровождается накоплением в профилях почв педогенных и биогенных компонентов окислительно-восстановительных систем и убылью веществ литогенной природы. При этом установлено, что фракция трудновосстанавливаемых соединений в эмбриоземах имеет преимущественно хемотренное происхождение. Содержание этих веществ в эмбриоземах Кузбасса составляет 13.1 % или 3.9×10^6 тонн. Среднеокисляемые восстановленные соединения в основном представлены хемотренными и педогенными продуктами. Содержание среднеокисляемых веществ, составляет 62.2 % или 18.5×10^6 тонн. Легкоокисляемые восстановленные вещества имеют наиболее сложную природу, и состоят из хемотренных, педогенных и биогенных соединений. Содержание легкоокисляемых, и потому наиболее опасных, веществ в техногенных ландшафтах Кузбасса составляет 24.5 % или 7.3×10^6 тонн. Было установлено, что темпы и характер преобразования восстановленных веществ и их фракций сингенетичны стадиям почвообразования. Поэтому в инициальных эмбриоземах наиболее выражены хемотренные окислительные процессы. Для органо-аккумулятивных эмбриоземов характерно преобладание биогенного типа окислительно-восстановительных процессов. В дерновых и гумусово-аккумулятивных эмбриоземах, преобладают педогенные окислительно-восстановительные процессы.

По достижению эмбриоземами гумусово-аккумулятивной стадии процессы окисления замедляются. Поэтому для предотвращения негативных последствий инициированных окислением восстановленных веществ в отвалах необходимо при формировании техногенных ландшафтов создавать условия для скорейшего достижения ими гумусово-аккумулятивной стадии эволюции почв. В данный момент доля восстановленных веществ, содержащихся в гумусово-аккумулятивных эмбриоземах Кузбасса, составляет 9.4 %, или 3×10^6 тонн. Из них на средневозрастные и молодые отвалы приходится только 0.1 % или 4×10^4 тонн. 99 % сформированных за последние 20 лет техногенных ландшафтов подвержены хемотренному окислению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М.: Мысль, 1990. – С. 275
2. Захаров А.П. Подбор новых фитомелиоративных культур для посева на породных отвалах открытой добычи угля в условиях Кузбасса // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – 2006. – Вып. 2. – С. 22–28
3. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. 305 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
6. Гумусообразование в техногенных экосистемах. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1986. – 165 с.

УДК 630*114

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Л.А. Соколов

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, leonid_sokolov@bk.ru

Брянский лесной массив ((БЛМ) сформировался на границе природных зон и древних материковых оледенений в условиях густой гидрографической сети, поэтому его отличает разнообразие состава насаждений и типов условий местопроизрастания, расчлененный рельеф местности, сложные геологические и гидрологические условия. Здесь, по особому проявляется сочетание факторов почвообразования, отразившееся в значительной пестроте почв и почвенного покрова, уровне их лесорастительных свойств. С целью выявления особенностей сформированного в этих условиях почвенного покрова и приуроченных к нему лесных насаждений на фоне хозяйственного, техногенного и рекреационного пресса нами в системе 3D построена оригинальная электронная цифровая модель рельефа (ЦМР) центральной части территории БЛМ. ЦМР подготовлена средствами программы Mapinfo 9.0 на основании привязанных к системе Гаусса-Крюгера топографических карт М 1:10000, 1:50000, 1:100000. В соответствии с особенностями геоморфологического строения территории выбран структурно-цифровой подход к организации базы геоданных. Модель образуют множественные данные о точках (около 70000 точек) принадлежащих структурным линиям рельефа – руслу рек, тальвегам, бровкам, террасам, водоразделу. Величина плотности точек подбиралась эмпирически в зависимости от сложности рельефа поверхности. Плотность точек увеличивали на участках густо расчлененного рельефа. Визуализация модели выполнена программными средствами Surfer 8.0 (рис. 1).

В геоморфологическом отношении рассматриваемая территория представляет восточную часть краевой зоны Днепровского оледенения в виде узкого языка шириной 30–50 км простирающегося в пределах долины реки Десна на юг к реке Днепр. На представленной модели отчетливо просматривается хорошо выраженная, ступенчатая, аллювиально-зандровая равнина, включающая водораздельную поверхность, хорошо развитые террасы реки Десна и врезанные в нее террасы речных притоков. Общий уклон местности направлен с востока от отрогов Среднерусской возвышенности на запад к современной долине Десны. Ступени рельефа образованы эрозионной динамикой рек и Днепровского ледника и усложнены на водораздельной поверхности дюнными всхолмлениями. Абсолютные отметки самого низкого уровня реки Десна колеблются в пределах 140–145 м, определяя современный базис эрозии для прилегающих территорий. Наивысшие 185–205 м и более представляют выровненные и частично размываемые ледниковыми водами водораздельные пространства в некоторых местах усложненные эоловыми процессами. Такой значительный перепад местности на расстоянии всего в несколько десятков километров определяет на территории БЛМ динамику поведения грунтовых и поверхностно-текучих вод. Выполненная нами детализация основных форм рельефа (ЦМР), с последующим обоснованием характера и особенностей залегания почвообразующих и подстилающих почвы горных пород и грунтовых вод, распределения почвенных разностей и приуроченных к местности насаждений на фоне значительного антропогенного пресса позволяет определить степень экологической устойчивости рассматриваемой территории.

ных экосистем. Прежде всего, показана уникальная особенность в характере почвообразовательных процессов, когда в формировании почвенного профиля, а в конечном итоге и уровня их лесорастительных свойств участвуют 2–3, а иногда и более горных пород четвертичного и мелового возраста. При этом растительные ценозы отличаются разнообразием состава и продуктивностью. Так, для преобладающих в БЛМ сосняков наивысшую производительность в 560–600 м³/га обеспечивают почвы на двучленных песчано-супесчаных и песчано-суглинистых отложениях дренированных пологих поверхностей. В целом лесорастительные свойства почв в насаждениях борového типа определяют гранулометрический состав верхней аллювиально-флювиогляциальной толщи, глубина и характер залегания богатых элементами питания морены, глинистой опоки, мелового рудяка, сурки, кварцево-глауконитовых песков с включениями фосфоритов, альбских слюдястых суглинков. В последние годы устойчивость сложившихся экосистем подвергается опасности. Это связано с интенсификацией пользования природными ресурсами для разнообразных целей. Ведется разработка полезных ископаемых, лесных и земельных ресурсов, водопользование. Сбалансированные связи сложившиеся в экосистемах в значительной степени ослабляют присутствующие здесь раздражители экологической обстановки хозяйственного, техногенного, рекреационного, бальнеологического и иного характера. Использование ЦМР позволит оптимизировать внутреннюю структуру и функциональные связи природного ландшафта интенсивно используемого человеком; позволит выявить возможные пути миграции загрязнителей, прежде всего техногенного характера по рельефу, растительному покрову, почвам, горным породам, открытым и грунтовым водам; определить места их сосредоточения и накопления, степень воздействия на природные комплексы.

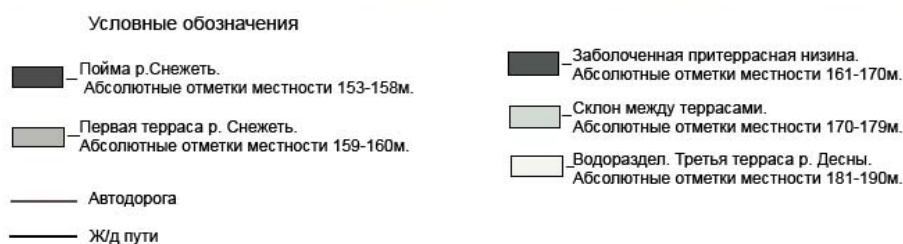
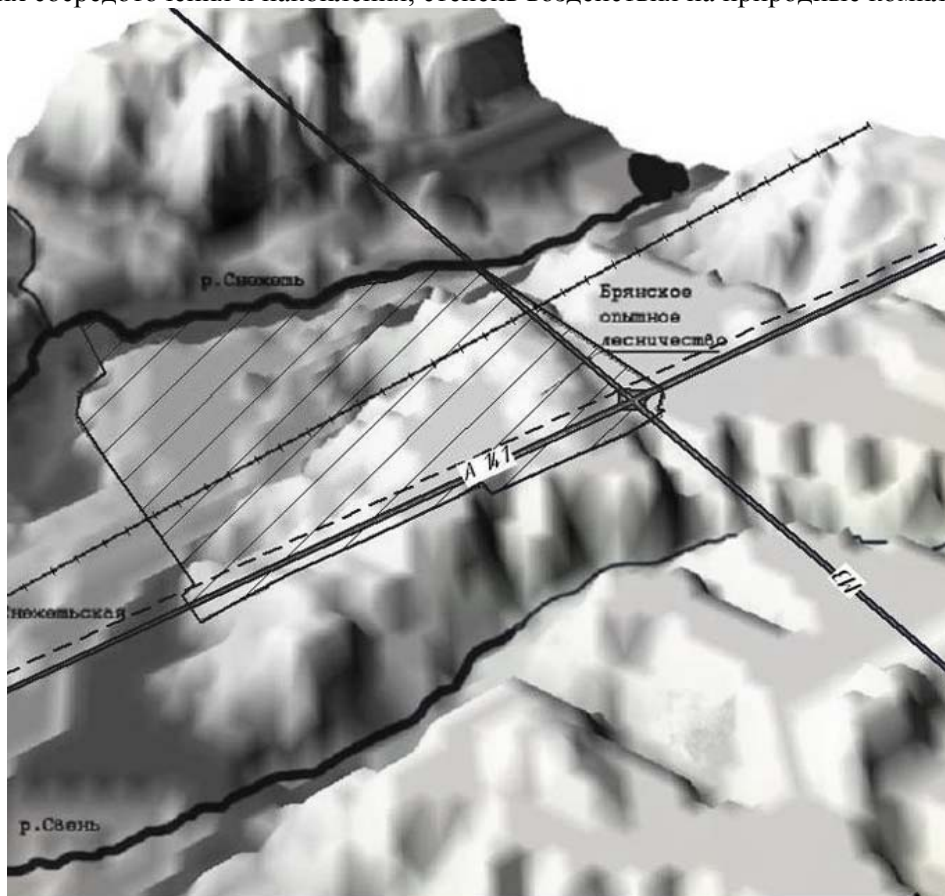


Рисунок. Электронная 3D модель Брянского опытного лесничества.

Последующий, более глубокий анализ представляемой модели территории, с фиксацией на ней почвенно-геологических объектов, коренных типов насаждений, элементов организации территории антропогенного, хозяйственного и техногенного характера позволит наметить пути снижения антропогенного пресса и оздоровления экологической обстановки в целом.

УДК 631.432

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВТОРИЧНО ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

А.П. Сорокин, С.П. Стрелков, Е.В. Поволоцкая

Астраханский государственный университет, sor-and@mail.ru

Вторичное засоление одна из наиболее актуальных и быстро развивающихся проблем сельского хозяйства, почвоведения и мелиорации почв. В условиях аридного климата распространение процесса вторичного засоления усугубляется спецификой землепользования региона, а точнее использованием различных приемов орошения, как капельного, так и дождеванием. Все это в совокупности с выпотным водным режимом почв и повсеместным отказом от использования мелиорированных сельскохозяйственных угодий приводит к большому увеличению территорий, непосредственно подверженных процессу вторичного засоления, и территорий потенциального распространения этого процесса. Ему подвержены не только почвы брошенных сельскохозяйственных угодий, но и почвы естественных экосистем, в силу динамично развивающейся в последнее время антропогенной нагрузки на эти территории.

В нашем регионе почвообразование характеризуется процессами засоления/рассоления, которые из-за специфического водного режима и климатических условий в той или иной степени дополняют друг друга и баланс засоления и рассоления почв находится в равновесии. Однако повсеместно увеличивающееся в последнее время влияние антропогенного фактора на почвообразование приводит к сдвигу баланса в сторону засоления. И в первую очередь засолению подвергаются те территории, на которых, в результате прямого или косвенного вмешательства человека, был нарушен естественный процесс почвообразования.

Таким образом, целью работы являлось исследование физического состояния агрогенных почв, выведенных из сельскохозяйственного оборота и подвергшихся вторичному засолению в результате антропогенного изменения водного режима территории путем постройки мелиоративных систем (оросительных и дренажных каналов).

В качестве объекта исследования был выбран ландшафт бугра Бэра с приуроченными к его подножию заброшенными сельскохозяйственными полями. Почвенный покров представлен комплексами агропочв разной степени засоления, от незасоленных до солончаков.

Для исследования основных почвенных свойств (влажность, плотность и водопроницаемость) использовали метод равномерной сетки, в узлах которой были заложены почвенные прикопки. Отбор образцов проводили в период низкого стояния воды в водотоках дельты Волги по 10-ти сантиметровым слоям до глубины 20 см, так как интерес вызвало изучение физического состояния корнеобитаемого слоя почв.

Результаты анализировались и представлялись в виде топоизоплет, характеризующих пространственную изменчивость свойств почвы послойно.

В целом влажность почвы в пределах всего исследованного участка невелика и соответствует влажности почв автоморфных участков (от 6 % на поверхности до 20 % на глубине 40 см). По положению в рельефе выбранная территория находится выше окружающего пространства, с учетом обваловки, поступление влаги в почвы восходящими токами из грунтовых вод осложнено.

Плотность почвы и сопротивление пенетрации имеют огромное значение для выполнения почвой своих экологических функций, поэтому в данной работе были изучены и эти свойства. Почвы исследуемого участка характеризуется высокими величинами сопротивления пенетрации (более 2 кПа).

Анализ топоизоплет показал, что плотность почвы поверхностного слоя изменяется в пределах от 1.1 до 1.6 г/см³. Для слоя 10–15 см характерны более высокие средние величины плотности почвы (от 1.38 до 1.46 г/см³). Наибольшие величины плотности почвы приурочены к середине участка (рис.).

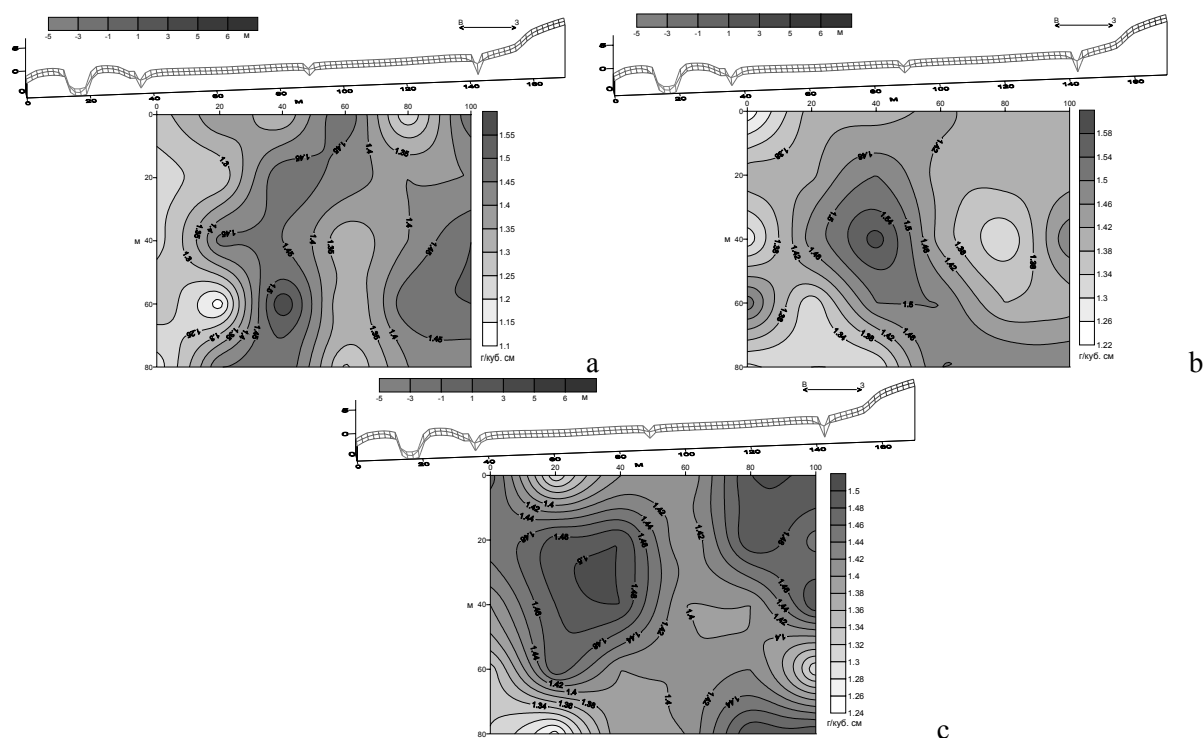


Рисунок. Пространственное распределение плотности почвы по слоям 0–5 (а), 10–15 (b), 20–25 (с) см в сопровождении с изоплетами рельефа местности.

Интервал варьирования величин водопроницаемости составляет от 0.1 до 17.6 см/час. Однако, отметим, что высокие значения водопроницаемости почвы зафиксированы лишь в трех реперных точках.

Таким образом, следует отметить, что на пространственное распределение влаги в почвах изучаемого ландшафта оказывает влияние не только перепады высот в мезо- и микрорельефе территории, но и наличие заброшенных оросительных систем антропогенного происхождения, которые в данный момент не функционируют. Но их влияние на гидрологический режим территории продолжается, что ведет данные почвы к неминуемой деградации и невозможности их возврата в сельскохозяйственный оборот.

Интенсивное использование данных почв в сельском хозяйстве и последующий их вывод из оборота оказали непосредственное влияние на пространственное распределение плотности слоения слоев исследуемых почв, а точнее на пахотный и подпахотный горизонты. На пространственное распределение плотности нижележащих слоев прямое влияние антропогенного фактора не отмечено, однако косвенное влияние не исключено. Нарушение гидрологического режима, вторичное засоление и другие факторы, возникшие непосредственно после выведения почв из сельскохозяйственного оборота, приводят к переуплотнению и ухудшению агрофизического состояния почв. Так же исследуемые агрогенные почвы обладают низкими значениями коэффициента водопроницаемости по всем слоям опробования, что свидетельствует о преобладании плохой воднофизической обстановки в почвах, выведенных из сельскохозяйственного оборота в данном регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-04-97002-р-поволжье_а) и АВЦП (проект № 2.1.1/4284)

Одной из наиболее характерных особенностей развития современного общества является быстрый рост городов, непрерывный темп увеличения численности их жителей, увеличение роли городов в жизни общества. Урбанизация влияет на экологическое состояние окружающей среды – по интенсивности и площади аномалий загрязняющих веществ промышленные центры представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции.

Город Улан-Батор, столица Монголии, интересен с точки зрения природных особенностей: здесь действуют как факторы, способствующие накоплению поллютантов в компонентах ландшафта – горно-котловинное положение, резко континентальный климат с частыми зимними температурными инверсиями, так и факторы, обеспечивающие вынос загрязнителей – легкий гранулометрический состав почвообразующих пород и почв, их высокая водопроницаемость и низкая сорбционная способность, летний максимум осадков. К источникам загрязнения г. Улан-Батор относятся топливно-энергетический комплекс, промышленные предприятия, автотранспорт, коммунально-бытовые отходы. Постоянно растет численность населения (36–38 тыс. чел./год), число автомобилей (около 6 тыс./год), развивается промышленность [8].

В 2008–2009 г.г. нами было проведено поверхностное (0–10 см) опробование городских почв по сетке с шагом 500–800 м, смешанные пробы отбирались методом «конверта» 1×1 м [4]. В 96 пробах почв масс-спектральным и атомно-эмиссионным методами с индуктивно-связанной плазмой было определено валовое содержание элементов I, II и III классов опасности (Co, Ni, Mo, Cu, Cr, As, Cd, Pb, Zn, V, Sr)*, после чего проведена экологическая оценка современного состояния почв города с применением эколого-геохимического и санитарно-гигиенического подходов.

Эколого-геохимический подход [1, 4, 6, 8] предполагает применение коэффициентов концентрации (KK , Kc) и рассеяния (KP , Kp): $KK=Ca/KЛ$, $KP=KЛ/Ca$, $Kc=Ca/Cф$, $Kp=Cф/Ca$, где $KЛ$ – кларк литосферы, $Cф$, Ca – концентрации элемента в фоновых и городских почвах соответственно. Подобные расчеты позволяют нормировать содержание химических элементов в городских почвах через показатели глобального (KK , KP) и регионального (Kc , Kp) педогеохимического фона. В случае с Улан-Батором расчет KK и KP показал, что почвы природного фона обеднены микроэлементами, особенно Co, Cu, Cr и Ni ($KP=3.5–5.4$), окологларковые содержания характерны для Pb и Cd ($KK=1.0$). Для As наблюдается значительное обогащение относительно глобальных кларков ($KK=5.1$), что характеризует его как элемент региональной геохимической специализации. Превышение относительно фоновых концентраций выражается формулой (индексы – значения Kc): $Pb_{3,1}Zn_{2,6}Mo_{2,2}Cr_{2,0}Cu_{1,9}Cd_{1,9}Ni_{1,6}Co_{1,5}Sr_{1,5}As_{1,3}V_{1,3}$. Сравнение с фоновыми концентрациями позволило также выявить приоритетные загрязнители для отдельных функциональных зон. Промышленная зона, многоэтажная застройка и автомагистрали ввиду их близкого расположения и перекрытия характеризуются полиэлементным и схожим по структуре загрязнением (Pb, Zn, Mo, Cr, Cu, Cd с $Kc>2.0$), в юрточной зоне накапливаются Pb, Zn, в рекреационной – Mo, Ni.

Для характеристики суммарной полиэлементной нагрузки Ю.Е. Саефом был предложен комплексный (суммарный) показатель загрязнения $Zc=\sum Kc-(n-1)$, где n – число химических элементов с $Kc>1.0$ [1]. Zc является геохимическим критерием при оценке степени техногенной трансформации почв и может быть рассчитан для каждой из точек опробования, а также для каждой функциональной зоны и города в целом. Выделяются уровни загрязнения почв: низкий ($Zc<16$), средний умеренно опасный ($16<Zc<32$), высокий опасный ($32<Zc<128$) и очень высокий чрезвычайно опасный ($Zc>128$) [1, 6]. Так, для почв Улан-Батора суммарный показатель загрязнения Zc в среднем равен 11, что указывает на слабое загрязнение почвенного покрова города. Однако анализ пространственного распределения суммарного показателя загрязнения по территории города позволяет выявить локальные аномалии с $Zc>32$ и выделить ареалы с высоким уровнем загрязнения.

Санитарно-гигиенический подход к оценке загрязнения почв химическими веществами основан на применении нормативов – предельно допустимых концентраций (ПДК), характеризующих токсичность поллютантов [3, 4, 5]. ПДК устанавливаются из расчёта, что существует некое предельное значение вредного фактора, ниже которого концентрации загрязняющих веществ безопасны. Устанавливаемые на основании экспериментальных данных о токсичности и иных привхо-

дящих обстоятельств, ПДК не одинаковы в разных странах и периодически пересматриваются. Для почв Улан-Батора нами применялись ПДК, принятые в Монголии [2], России [5], а также в ряде Европейских стран [5, 7]. При использовании ПДК, принятых в Монголии, фиксируется превышение норм для As, Cr, Mo, Pb и Zn. Экологическую опасность элементов-загрязнителей отражает процент территории с превышением ПДК, который уменьшается в ряду $As_{100\%} > Zn_{38} > Mo_{20} > Pb_{18} > Cr_4$. При сравнении этих концентрации элементов с ПДК и ОДК, принятыми в России, получен несколько иной результат: $As_{100\%} > Zn_{68} > Pb_{46} > Ni_{12} > Cu_3$. Бóльший процент точек с превышением ПДК объясняется тем, что в России применяются более жесткие нормативы. При использовании нормативов, принятых, например, в Нидерландах, ряд опасности претерпевает существенные изменения: $Zn_{18\%} > Pb_{11} > Cu_4 > Cr_3 > Ni_1$. Подобная ситуация объясняется тем, что в странах ЕС, США, Канады и многих развитых азиатских странах применяется дифференцированная система оценки, учитывающая в числе прочего тип землепользования. Величины критических уровней содержания поллютантов в городских почвах могут в десятки раз отличаться от таковых в природных или сельскохозяйственных почвах. Кроме того, в ряде стран городская территория рассматривается как неоднородная, и нормативы рассчитываются для каждой функциональной зоны отдельно (например, нормативы EPA – Управления по охране окружающей среды США) [7]. Применяемые в России ПДК вредных веществ едины для любых оцениваемых почв. Однако разработаны они были для сельскохозяйственных почв и агроэкосистем и не имеют прямого отношения к городским почвам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геохимия окружающей среды* / Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. М.: Недра, 1990. – 335 с.
2. *Доржготов Д., Батхишиг О.* Хорсний чанар. Хорс бохирдуулагч бодис, элементуудийн зовшоорогдох дээд хэмжээ (Монгол улсын стандарт). УБ, 2008. – 8 с.
3. *Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами.* М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
4. *Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами* / Составители: В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 32 с.
5. *Мотузова Г.В., Безуглова О.С.* Экологический мониторинг почв. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
6. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта: Учебное пособие. – М.: Астрей-2000, 1999. – 768 с.
7. *Фомин Г.С., Фомин А.Г.* Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. – М.: «Протектор», 2001. – 304 с.
8. *Экогеохимия городских ландшафтов* / Под ред. Н.С. Касимова – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.

*Данные предоставлены автору Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедицией Института проблем экологии и эволюции РАН.

Работа рекомендована ак. РАН, проф., Н.С. Касимовым.

УДК 630 548:630.114.61

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.Д. Сорокин

Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск, microlab@ksc.krasn.ru

Роль микроорганизмов в обеспечении потенциального и особенно эффективного плодородия (лесорастительной способности) лесных почв обусловлена многогранностью их функций в лесном биогеоценозе, связанных, прежде всего, с процессами минерализации и синтеза органического вещества.

Важным показателем эффективного плодородия почв является продукция микробной биомассы.

Многолетние (1980–2010 гг.) стационарные исследования, проведенные в почвах ряда регионов Средней Сибири (Приенисейской части Сибири (Красноярский край), Центральной Эвенкии, Нижнем и Среднем Приангарье, Западном Саяне) дают представление о продуктивности микробной массы как одном из факторов почвенного плодородия.

Установлено, что в таежных почвах Сибири в период интенсивной биологической активности (вегетационный сезон) количество генераций микроорганизмов в месяц может достигать 7–9. При этом биогенность 1 г почвы лесных территорий составляет от 2.3 млрд. клеток в условиях лиственничников Севера Сибири (криоземы гомогенные) до 6.4 млрд. в сосновых лесах Приангарья (серые лесные) и 8.9 млрд. – в темнохвойной тайге Западного Саяна (горно-таежные бурые почвы), что соответствует их реальной величине трофического коэффициента 3–4.

Общая продуктивность бактерий и грибов верхнего гумусированного горизонта почв исследованных биогеоценозов достигает $1.4\text{--}4.0 \text{ мг/см}^3$ ($1.2\text{--}3.8 \text{ т/га}$ в слое 0–50 см), или 0.3–1.5 % от количества гумуса. Известно, что содержание углерода в микробной клетке колеблется от 48 до 58 % [Шлегель, 1987]. Следовательно, расчетный углерод микробной биомассы почв меняется в пределах $0.65\text{--}2.0 \text{ мг/см}^3$ ($0.7\text{--}1.3 \text{ т/га}$ в слое 0–50 см), или 0.4–1.7 % от общего углерода.

Среди факторов почвенного плодородия особое место отводится азоту, так как наличие его в почве зачастую определяет продуктивность растительных сообществ. Это особенно важно для лесных почв Средней Сибири, имеющих неблагоприятный температурный режим и содержащих небольшие количества подвижного азота при малых валовых его запасах (Горбачев и др. 1984; Сорокин, 1987, 1996).

Преимущественное использование микробценозами и фитоценозами лесных сообществ аммонийных форм азота выражается в преобладающем развитии в исследуемых почвах аммонифицирующих микроорганизмов (от 1.2×10^6 КОЕ в псевдоподзолистой супесчаной почве Среднего Приангарья до 5.6×10^6 КОЕ в серой лесной почве Нижнего Приангарья и 11.4×10^6 КОЕ в дерново-глубокоподзолистой почве Приенисейской части Сибири). Энергия размножения аммонификаторов выражается в аммонифицирующей способности почв. Накопление поглощенного аммония наиболее активно происходит в серых лесных и дерново-подзолистых почвах приенисейской части Сибири и наименее активно в псевдоподзолистой супесчаной почве Среднего Приангарья. В первом случае накапливается до 17–20 мг NH_4 на 100 г почвы, во втором – 3.5 мг. Накопление нитратных форм азота не имеет прямой зависимости от числа нитрифицирующих бактерий, но находится в большей связи с общей численностью микроорганизмов, участвующих в метаболизме азота ($R=0.87$). Нитрификаторы в исследуемых почвах развиты слабо, вследствие неблагоприятных для них почвенно-экологических условий. Но согласно результатам Докстадера и Александра [Doxstader, Alexander, 1966] нитрификация может осуществляться гетеротрофными организмами. В частности, гетеротрофные бактерии, актиномицеты и грибы продуцируют нитраты из различных восстановленных форм азота. Отсутствие соответствия между числом нитрификаторов и содержанием нитратов в почве может являться именно этот факт, и, кроме того, другой причиной является поглощение нитратов высшими растениями и денитрификация.

Исследования показывают, что процессы трансформации легкогидролизуемых форм органики наиболее полно протекают в серых осолоделых почвах Среднего Приангарья. Здесь при определенных экологических условиях в летний период может происходить биологическое окисление солей аммония в нитратную форму. В остальных почвах процесс трансформации азота заканчивается на стадии образования аммония. При этом возможны потери азота в газообразной форме за счет активного развития денитрификаторов или за счет иммобилизации его другими группами микроорганизмов, которые после отмирания и лизиса возвращают поглощенный азот в почву в более сложной органической форме.

Другим существенным фактором лесорастительной способности почв является активность микробиологической минерализации клетчатки в ней.

Процессы микробной трансформации азота и углерода в исследуемых почвах взаимосвязаны и характеризуются коэффициентом микробиологической активности (Сорокин, 1990) – $K = \frac{P + C}{1000 M}$, где P – разрушение протеазы, г; C – разрушение целлюлозы, г; M – биомасса микроорганизмов, мг, установленные экспериментально.

Коэффициенты микробиологической активности закономерно возрастают при переходе от криоземов гомогенных лиственничников Центральной Эвенкии к серой почве пихтарников Нижнего Приангарья и темно-серой почве сосняков юга Красноярского края соответственно от 1.7–4.6 до 5.8.

Обобщая полученные данные по микробиологической трансформации азота и углерода в лесных почвах Средней Сибири, мы имеем возможность провести оценку плодородия почв региона, поскольку, как было показано, азот является в данном случае основным компонентом органического вещества, лимитирующим плодородие.

В.А. Ковда [1981] и И.И. Свентицкий [1981] предлагают оценивать потенциальное плодородие почв по одному комплексному показателю – количеству энергии, заключенной в органическом веществе почв, поскольку и почвообразование в целом, и гумусообразование являются энергетическими процессами.

Нами определены запасы гумуса и энергия гумуса и микробной массы в восьми типах лесных почв Средней Сибири. Минимальная энергия гумуса зафиксирована в псевдоподзолистой супесчаной почве (1.3×10^8 ккал/га), а максимальная в дерново-перегнойной суглинистой (27.9×10^8 ккал/га). Минимальная энергия микробной массы регистрируется также в псевдоподзолистой супесчаной почве (1.2×10^6 ккал/га), а максимальная – в дерново-подзолистой суглинистой (4.3×10^6 ккал/га).

Если принять запасы гумуса и энергии за уровень потенциального плодородия, то исследуемые почвы можно расположить в следующий убывающий ряд: дерново-перегнойные суглинистые – серые оподзоленные – дерново-подзолистые суглинистые – перегнойно-поверхностно-глеевые осолоделые – серые осолоделые – таежные осолоделые красно-бурые – дерново-карбонатные – псевдо-подзолистые супесчаные. По запасам энергии в микробной массе такой закономерности не наблюдается. Самые низкие и довольно близкие между собой величины отмечены в дерново-перегнойных суглинистых почвах и псевдо-подзолистых супесчаных. Причем доля микробной массы в энергии органических соединений в первом случае самая низкая, а во втором самая высокая среди исследованных почв.

Факторами негативного влияния на почвенное плодородие помимо неблагоприятных природных экологических условий, могут выступать разного рода антропогенные (техногенные воздействия). Таким мощным фактором стрессового воздействия на темно-серые почвы, имеющие сельскохозяйственное значение в пригородной зоне г. Красноярска, являются техногенные дымовые выбросы Красноярского алюминиевого завода (КраАЗа).

Проведено изучение ответных реакций микробных комплексов в темно-серых почвах разной степени загрязнения основными поллютантами алюминиевого завода – фтористыми соединениями (HF, NaF). Результаты исследований показали, что наибольшему загрязнению подвержены участки восточного, северного и северо-восточного направлений, где содержание фтористых соединений меняется от 50 до 200 мг \times кг⁻¹ почвы по сравнению с контролем 1.4–3.2 мг \times кг⁻¹.

Полученные данные свидетельствуют, что загрязнение почв фтором подавляет развитие различных таксономических групп микроорганизмов, снижая их численность по сравнению с контролем. Наиболее чувствительна к фтору, оказалась бактериальная микрофлора. Более устойчивы к повышению концентрации фтора микроскопические грибы.

Исследования реакций микроорганизмов на популяционном уровне свидетельствуют, что с ростом концентрации HF количество прорастающих клеток интродуцированной в почву тестовой культуры *Bacillus subtilis* закономерно уменьшается. Чем выше концентрация загрязнителя, тем резче идет спад численности вегетативных клеток, число спорных форм при этом достоверно не меняется.

Проведено микробиологическое нормирование техногенных загрязнений почвенных экосистем в модельных природных опытах. По реакциям тестовой культуры *Bacillus subtilis* выделены 4 уровня техногенного воздействия основных поллютантов (HF, NaF, Na₂SO₃): допустимый, предельно допустимый, критический, недопустимый [Никитина, 1991]. Допустимое воздействие – отсутствие какого-либо изменения в росте популяции. Предельно допустимое – изменение численности популяции без других морфологических или ростовых реакций. Критическое воздействие – уменьшение численности популяции, нарушение циклов развития, появление морфологических отклонений и инволюционных форм клеток. Недопустимый уровень воздействия – полное прекращение размножения клеток, резкий спад численности, ведущий к гибели популяции. Каждый уровень воздействия характеризовался строго определенными дозами техногенных веществ (табл.).

Таблица. Нормирование техногенных нагрузок на темно-серую почву поймы р. Енисей по реакциям популяции *Bacillus subtilis*, мг/кг почвы, n=10.

Загрязнитель	Уровень воздействия			
	Допустимый	Предельно допустимый	Критический	Недопустимый
Фтористый натрий	120	700	4200	12000
Фтористоводородная кислота	25	50	200	550
Сернистокислый натрий	50	200	250	550
Совместное воздействие (NaF и Na ₂ SO ₃)	100	500	2000	8000

Предельно допустимая доза по NaF для популяции *Bac. subtilis* достигала 700 мг/кг почвы, в то время как по HF – 50 мг/кг почвы, т.е. превышение составило 14 раз. Предельно допустимая доза Na₂SO₃ для тестовой популяции достигала 150 мг/кг, а при совместном действии NaF и Na₂SO₃ – 500 мг/кг, т.е. в 3 раза больше.

Рассчитывая разницу между дозами загрязнителя, вызывающими критическое и допустимое воздействия, получим данные, которые могут служить характеристикой устойчивости состояния экосистемы, ее экологического резерва. Наименьшим резервом прочности в почве поймы Енисей обладали микробные популяции при воздействии на них фтористого водорода – 175 мг/кг почвы, наибольшими – фтористого натрия (4080 мг/кг почвы).

УДК 631.4:504.5(1-21)

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ КАК ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

Г.В.Стома

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, gstoma@yandex.ru

Рекреация является одним из ведущих факторов антропогенного воздействия в городских лесных ландшафтах (лесопарках, парках и скверах). Последствия сложного характера преобразования растительного и почвенного покровов весьма негативны и могут рассматриваться как важный лимитирующий антропогенный фактор развития таких экосистем. Фиксируется их расчленение, нарушение горизонтальной и вертикальной структуры фитоценозов, механическое повреждение надземных органов растений. Доминирующим изменением почвенных свойств считается уплотнение поверхностных горизонтов. Стабильность функционирования городских лесных экосистем определяется как общей их устойчивостью (в частности, размерами), так и способностью отдельных компонентов выдерживать рекреационные нагрузки. К факторам устойчивости растительного покрова относятся возраст древостоя, устойчивость к уплотнению почвы основной лесобразующей породы и нижних ярусов (наличие и жизнеспособность подроста и подлеска). Выявлена прямая связь между деградацией растительности и уровнем рекреационной нагрузки. Неопределенность изменения свойств почв связана, очевидно, не только со значительной ее буферностью и, одновременно, различной способностью аккумулировать и инактивировать загрязняющие вещества, но и существенным сопротивлением механическому влиянию, что определяет этот компонент экосистем как более устойчивый к внешнему воздействию.

На территории г. Москвы с учетом уровня рекреации (Казанская и др., 1977) и длительности антропогенного воздействия выбраны около 50 участков в 11 парково-рекреационных ландшафтах, находящихся в разных районах города, где определены свойства почв и состояние растительности. Наиболее детальные исследования осуществлены в национальном парке «Лосиный остров».

Показано, что с увеличением степени рекреационного воздействия происходит вытаптывание и изреживание нижних ярусов растительности: уменьшается доля и высота подроста, видовое разнообразие трав, доминирующими становятся злаки, а их проективное покрытие снижается до 10 %.

Состояние древесной растительности оценивалось по методике В.М.Захарова, А.Т.Чубинишвили (2001). Система промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями позволяет судить о стабильности их развития, отклонениях от нормы, определяемых вели-

чиной антропогенной нагрузки, т.е. оценить качество среды. Показатель стабильности развития лип (ПСРЛ) на исследуемых объектах варьирует от 0.022 до 0.062, достигая максимума в центре столицы (парк «Лефортово»), и свидетельствует о неблагоприятных условиях их произрастания на городской территории по сравнению с естественными биогеоценозами, где он равен 0.017. Постепенно возрастающая рекреационная нагрузка способствует эквивалентному угнетению древесных пород (ПСРЛ увеличивается на 0.003–0.008, т.е. на 1–2 балла из 5 возможных). Относительно комфортные условия для их роста и функционирования создаются на окраине города (при общем минимальном воздействии) и в крупных лесных массивах («Битца», «Лосиный остров», где устойчивость экосистем выше).

Рекреационная нагрузка приводит к нарушению и истощению органофилия. Во-первых, к деградации подстилки. На участках с начальной степенью дигрессии фитоценоза она носит непрерывный площадной характер с уменьшением мощности (до 0.5–2 см); на средней – появляется ее деструктивность и фрагментарность. На наивысшей – наблюдается почти полное отсутствие подстилки и наличие золы костров (минерального антропогенного загрязнителя). Во-вторых, снижается мощность гумусового горизонта (с 10 до 3–5 см).

Дополнительной оценкой уровня рекреации служит доля тропинойной сети, постепенно возрастающая на участках с разными стадиями дигрессии от 5 до 90 %.

Полевые исследования свидетельствуют о нарушении водного, воздушного и других режимов почв. В корнеобитаемых горизонтах увеличивается неоднородность окраски, за счет появления признаков оглеения (сизоватый оттенок, наличие до 30 % ржавых пятен), структура приобретает слоистость и плитчатость (особенно в верхних 0–2 см), изменяется порозность и характер сложения. Ухудшение структурного состояния максимально выражено в почвах легкого гранулометрического состава («Кузьминки»). К стр. в слое 0–10 см снижается в 1.5 раза, а водопрочность – до «неудовлетворительной» (с 69 до 39 %). По мере усиления нагрузки (тропинки) процесс захватывает и нижние 10–20 см. В почвах более тяжелого гранулометрического состава изменения менее значимы, и разнонаправлены.

Показано, что статистически достоверная трансформация почвенных свойств под влиянием рекреации проявляется только в верхних горизонтах (А и АЕ) и отсутствует в нижележащих.

Предлагается для более корректной оценки преобразования свойств почв под влиянием данного вида антропогенного воздействия использовать средневзвешенные значения свойств почв (с учетом доли тропинок и свойств почв на них).

Плотность сложения (ρ_b) верхних горизонтов почв находится в диапазоне от 0.91 до 1.56 г/см³ (в среднем 1.2). Основной вклад в переуплотнение вносит тропинойная сеть, (средняя $\rho_b = 1.34$ г/см³). Последовательное сравнение плотности сложения почв на участках с возрастающим уровнем рекреации выявило лишь тренд ее увеличения на первых стадиях и достоверное возрастание (на 0.15 г/см³) при переходе от 3 к 4 стадии дигрессии фитоценоза. Уплотнение верхних горизонтов ($\rho_b = 1.28–1.32$ г/см³) наиболее выражено лишь при высоких уровнях рекреации.

Общее атмотехногенное загрязнение почв городских территорий пылью, содержащей карбонаты, обеспечивает профильное выравнивание показателя реакции среды с незначительными его колебаниями (0.2–0.5 рН). На начальных стадиях дигрессии фитоценоза достоверные изменения средних значений рНвод и их вариабельности в верхних горизонтах отсутствуют. При переходе от 2 к 3 стадии кислотность почв значительно повышается почти на 0.5 рН при снижении вариабельности. Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки определяет достоверный сдвиг реакции среды в нейтральную сторону на 0.45–0.70 рН при одновременном возрастании неоднородности параметра. Эти закономерности служат показателем перестройки биогеоценозов при разных уровнях нагрузки. Первый факт может быть связан со сменой растительности, а второй – с более глубоким преобразованием консервативной части экосистемы – почвы.

Средняя величина рНвод на тропинках по отношению к остальной территории на 0.2–1.1 ед. выше (особенно в слое 10–20 см); ее вариабельность в 2 раза ниже. Вследствие меньшей устойчивости почв легкого гранулометрического состава («Кузьминки») по сравнению с более тяжелыми («Измайлово») абсолютное повышение рНвод существеннее в первом случае (соответственно 0.4–1.0 и 0.1–0.45). В центральной части города («Лефортово»), где почвы имеют реакцию среды близкую к нейтральной, усиление уровня рекреационной нагрузки практически не сказывается на этом почвенном параметре, очевидно, вследствие достижения им некоторого оптимума. Наибольшая

амплитуда смещения рНвод (на 1–1.5 до 7.6) характерна для почв небольшого сквера (у посольства Китая) в срединной части города.

Изменения емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями неопределены и недостоверны. В целом, под влиянием рекреации отмечается лишь тенденция повышения ЕКО на 4 ммоль-экв (+)/100 г почвы, и, отчасти, СНО на 15 %.

Наряду с вышеизложенной причиной сдвига рНвод существенную роль играют и другие факторы: в летний период наличие костровищ, способствующих локальному увеличению содержания в почве зольных элементов; в зимний – перенос при рекреации антигололедных соединений, используемых в других ландшафтах.

Электропроводность (E_s) определялась в почвенных суспензиях при соотношении почва-вода – 1:2.5 при последующем пересчете на E_s порового раствора (Смагин и др., 2006). Ее величина колеблется от 0.3 до 1.5 мСм/см, т.е. все почвы относятся к категории незасоленных ($E_s < 2.0$ мСм/см). Однако отмечается тренд аккумуляции в почвах легкорастворимых солей (в 2–3 раза) по сравнению с естественными ландшафтами, что является последствиями применения на автомагистралях и во дворах противогололедных смесей, содержащих эти соединения, которые при зимней рекреации и с воздушными потоками могут переноситься на территорию лесопарков. Почвы тропинок характеризуются максимальным уровнем E_s (1.03– 1.41 мСм/см), что в 1.5–2.5 раза выше по отношению к остальной территории. Наименьшим содержанием электролитов обладают почвы больших лесных массивов окраины города («Битца», «Тропарево»).

С увеличением степени рекреации прослеживается достаточно четкая тенденция повышения содержания легкорастворимых солей в почвах, а максимальная степень данного вида воздействия приводит уже к достоверному накоплению электролитов и, в основном, к увеличению пространственной неоднородности их количеств.

Содержание Сорг в почвах варьирует в широких пределах (от 1.9 до 4.6 % в 0–10 и от 0.8 до 4.0 % – в 10–20 см). Сравнение обеспеченности почв Сорг на участках с различной степенью рекреационной нагрузки не позволило выявить ее однозначного влияния. В легких по гранулометрическому составу почвах прослежена лишь тенденция снижения его количеств в 0–10 см и увеличения в 10–20 см; в более тяжелых – обогащение органическим веществом лишь верхней толщи. Детальные исследования в НП «Лосиный остров» показывают, что на начальных уровнях воздействия человека обеспеченность почв Сорг значительно снижается на 0.6 %, затем повышается на 0.4 % без изменений вариабельности. Точка перехода отрицательного и положительно баланса Сорг в гумусовом горизонте приходится на 2, а в гумусово-эллювиальном – на 3 стадии дигрессии фитоценоза. Содержание Сорг на тропинках подвержено лишь большой пространственной изменчивости

Отмеченная трансформация свойств городских почв влечет изменение физиологического состояния микроорганизмов и их способности к разложению органического вещества. Биологическая активность (БА), оцененная по эмиссии CO_2 газохроматографическим методом, в почвах города в 1.5–2 раза ниже, чем в естественных аналогах и меняется в пределах от 1.4 до 2.2 мкмоль CO_2 /г*час. На участках, испытывающих сильный антропогенный прессинг, фиксируется статистически достоверное падение уровня БА с возрастанием пространственной неоднородности.

Для оценки влияния свойств почв на состояние древесных насаждений были вычислены коэффициенты корреляции Спирмена между ПСРЛ и значениями ряда почвенных характеристик. Показано, что наиболее существенно состояние лип зависит от плотности сложения, реакции среды, электропроводности ($r=0.55–1.00$) и, в меньшей степени, от емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями, а остальные свойства не являются лимитирующими.

Таким образом, при оценке влияния рекреации на городские лесные ландшафты необходимо учитывать состояние всех структурных единиц фитоценоза. Негативные последствия проявляются в снижении балла экологического бонитета полновозрастных деревьев, исчезновении подроста, уменьшении видового разнообразия растений и проективного покрытия травяного яруса. Из почвенных параметров мониторинг необходимо осуществлять за состоянием подстилки, мощностью гумусового горизонта (снижаются), окраской (появляется глееватость), плотностью сложения (увеличивается), структурой (разрушается), рНвод и E_s (возрастают) в горизонтах А и АЕ обязательно через средневзвешенные значения (с учетом доли тропинок и свойств почв на них). Особое внимание рекомендуется уделять исследованиям на участках с 3 степенью дигрессии фитоценоза, так как именно на ней происходит перестройка всего биогеоценоза.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ ГОРОДА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СКВЕРА МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ)

М.Б. Субота, В.В. Часовская

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, subota_m@mail.ru

Менделеевский сквер расположен в центре города Санкт-Петербурга на Менделеевской линии. Сквер занимает часть бывшей прибрежной территории, являясь выступом, омываемым реками Большая Нева и Малая Нева.

Известно, что почвы парков больших городов формируются не только под влиянием природных факторов, но и под антропогенным воздействием урбаногенного характера.

Программа исследований предусматривала изучения морфологического строения почв и агрохимического состояния.

Для исследования было заложено 28 почвенных разрезов, расположенных во всех частях сквера. Отобрано 45 почвенных образцов и сделано 70 агрохимических анализов.

Морфологическое описание показало, что почвенный покров почти повсеместно сформирован на строительных остатках – кирпичные основания старых зданий, брусчатка древних мостовых, бетонные плиты. В районе, примыкающем к зданию биржи, обнаружен слой метаморфизированного сапропеля, мощность почвенного покрова колеблется в основном в пределах 20–40 см, местами достигая 50 см.

По классификации городских почвенных объектов почву сквера с учетом мощности насыпных горизонтов можно отнести к антропогенным глубокопреобразованным.

Общая характеристика почвенных разностей по наиболее типичным разрезам приведена в таблице 1.

Таблица 1. Почвенные разности Менделеевского сквера.

Наименование	Количество почвенных разрезов	В процентах
Урбанозем		
Среднемощный среднегумусный	8	64.3
Мощный среднегумусный на брусчатке	5	17.9
Мощный малогумусный	2	7.1
	2	7.1
Естественно-сильно нарушенные	1	3.6

В составе почв большое количество занимает строительный мусор. Наиболее высокое содержание стойкого мусора до 50 % обнаружено в почвенных разрезах. В трех почвенных разрезах, обнаруженных на глубине 2–30 см, сплошной слой дорожной брусчатки.

По механическому составу большая часть почв отнесена к супесчаным.

Для агрохимических анализов почвенные образцы отбирались из верхнего корнеобитаемого слоя и далее по горизонтам разной мощности.

Химический анализ почв на примере трех типичных разрезов приведен в таблице 2.

В отличие от почв естественно сформировавшихся в городских почвах не прослеживается естественной закономерности агрохимических показателей.

По содержанию углерода наиболее богат почвенный участок, представленный разрезом № 9–5.9 %. Для почв лесных это достаточно. Для газонных трав такого количества углерода недостаточно. В других разрезах отмечено еще меньшее содержание углерода.

Обеспеченность почв фосфором в подвижных формах в основном достаточна.

Низким является содержание калия.

Степень насыщенности основаниями достаточно высокая.

Благоприятна и кислотность почвенной среды.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о специфических изменениях и условиях формирования почв. При относительно небольшом высотном положении местности крупный строительный мусор обеспечивает достаточный дренаж территории. Трансформация пескосоудержающего мусора приводит к формированию легких по механическому составу почв.

Таблица 2. Агрохимические свойства почв.

Горизонт, глубина взятия бразца, см	Углерод (С), %	Гидролити- ческая кислотность	Сумма бменных оснований	Степень насыщенности основаниями, %	рН		P ₂ O ₅	K ₂ O
					солевой	водный		
Разрез №9								
U _{1нс} 0–11	5.90	1.62	18.89	92.1	5.8	6.9	14	4.2
U _{2нс} 11–26	1.70	0.16	2.77	94.5	6.8	7.9	20	4.2
U ₃ 26–45	0.60	0.16	4.63	96.6	6.7	7.8	35	4.2
U ₄ 45–100	0.40	0.65	8.10	92.5	6.7	7.6	26	4.2
Разрез №18								
U 3–25	2.8	1.75	23.15	92.9	6.8	7.6	36	4.2
U 25–31	3.7	0.32	9.07	96.5	6.4	7.3	18	4.2
U 31–50	0.7	0.16	2.78	94.5	6.5	7.8	30	4.2
U 50–75	0.07	0.65	5.74	89.9	6.9	7.9	18	4.2
Разрез № 25								
U 0–25	2.7	0.32	39.26	99.2	7.0	8.1	9	4.2
U 25–100	4.1	0.81	49.07	98.3	6.8	7.2	29	4.2

Созданы в основном благоприятные условия для растений. Являясь украшением сквера, здесь успешно произрастает ель серебристая, а кустарники формируют живую изгородь. Оценивая состояние растительности при специальных исследованиях (Егоров Н.А. и др.) отмечено удовлетворительное состояние еловых посадок. Несколько хуже состояние кустарников. Близкое к неудовлетворительному состояние травяного покрова и цветочного оформления. Это во многом объясняется чрезмерной антропогенной нагрузкой. Под кронами ели в биогруппах, используемых как укрытие при дожде, полностью вытоптана трава и уплотнена почва. Большой вред приносит обилие автотранспорта. Сквер требует особого режима охраны.

ЛИТЕРАТУРА

Егоров А.А., Иванов С.А., Добровольский Н.А. Состояние зеленых насаждений общего пользования Василеостровского района города Санкт-Петербурга. Известия Санкт-Петербургской Государственной лесотехнической академии 2010 г.

УДК 577.4

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ В СУПЕРАКВАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ВОДОСБОРОВ ОЗЕР ТРАВЯНОЕ И ШАБЛИШ (ДАЛЬНЯЯ ЗОНА ВУРСА)

А.А. Сутягин, С.Г. Левина

Челябинский государственный педагогический университет, sandrey0507@mail.ru

Значительная часть территории Уральского региона (Челябинской, Свердловской и Тюменской областей) более 50 лет подвержена радиационному воздействию вследствие деятельности ПО «Маяк» – крупнейшего предприятия ядерного комплекса России. В результате ряда техногенных катастроф, произошедших на данном предприятии, сформировалась территория Восточно-

Уральского радиационного следа (ВУРС) общей площадью 23 тыс. км². В результате деятельности ПО «Маяк» более 1000 км² земель изъяты из хозяйственного оборота по причине радиоактивного загрязнения, более 400000 человек в 217 населенных пунктах подверглись облучению. Жители населенных пунктов, оказавшихся на территории ВУРСа, подверглись многолетнему радиационному воздействию, обусловленному как внешним γ -облучением, так и внутреннему, за счет употребления продуктов питания местного производства [5].

В настоящее время основной вклад в загрязнение на данных территориях вносят долгоживущие радионуклиды, среди которых наиболее опасными являются ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. В то же время, современный характер загрязнения природных экосистем ВУРСа обусловлен не только начальным уровнем загрязнения, но и химическими, физико-химическими и биологическими процессами: распадом радионуклидов, сорбцией и десорбцией, аккумуляцией поллютантов, перераспределением активности по различным компонентам экосистем.

Особую значимость при рассмотрении радиологического состояния региона имеет исследование водных экосистем, испытавших на себе различные по генезису радиационные воздействия. К таким системам относятся, в том числе, озера, расположенные на территории ВУРСа (не менее 60 озер). Расчет запасов радионуклидов в компонентах водных экосистем, играющих роль депо радиоактивных веществ, служит количественной оценкой барьерной функции этих биогеоценозов по отношению к переносу радионуклидов за пределы данной экосистемы.

Важнейшую роль в выполнении барьерной функции выполняет почвенный компонент озерных экосистем. Проявляя сильнейшие адсорбционные свойства, почва выступает в качестве накопителя и депо поллютантов, она выполняет миграционную функцию, способствуя как вертикальному, так и горизонтальному переносу загрязнителей [2]. Радиационный мониторинг почв водосборов позволяет также ответить на вопрос о возможности вторичного загрязнения водоема в отдаленный поставарийный период. В связи с этим, исследование радиологического состояния почв водосборных территорий (особенно супераквальных позиций), является обязательной задачей при изучении общего экологического состояния водоема. Сочетание выпотного и промывного режимов увлажнения, высокая продуктивность биоценозов и, как следствие, высокое содержание органического вещества в гумусированных горизонтах супераквальных почв создают условия для возникновения своеобразного режима миграции и аккумуляции радионуклидов, обусловленного также начальным уровнем загрязнения и составов радионуклидной смеси.

В работе рассмотрены некоторые закономерности накопления долгоживущих радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в супераквальных почвах водосборов озер периферии ВУРСа Травяное и Шаблиш (80 км от источника эмиссии). Водоемы расположены в северной части Челябинской области (Каслинский район), степень антропогенной нагрузки на водоемы различна. С побережья озера Травяное в 1957 г. отселены населенные пункты, и в настоящее время водоем развивается без активного антропогенного воздействия. В то же время, на территории водосбора активно ведутся несанкционированные покосы. На побережье озера Шаблиш расположена деревня Шаблиш, активно функционирует рыбное хозяйство. В связи с этим может представлять значительный интерес исследование радиоэкологического состояния экосистем данных озер, в том числе почв супераквальных позиций водосборов, на современном этапе.

Определение места закладки почвенных разрезов, основывалось на исследовании особенностей ландшафтных катен и вычленении в них элювиальных и супераквальных позиций. Разрезы закладывались в нескольких метрах от уреза воды на приозерных террасах. В некоторых случаях подпорные грунтовые воды сравнительно быстро заливали нижнюю часть разреза, что подтверждает его статус как супераквального. Разрезы вскрыли темно-серые лесные и черноземные почвы.

Почву отбирали слоями с учетом генетических горизонтов до глубины 90–100 см. Пробоподготовка и общий химический анализ проводились на базе лаборатории физико-химических методов исследований кафедры химии ЧПУ. Отобранная почва доводилась до воздушно-сухого состояния, измельчалась механическим растиранием и просеивалась через сита с диаметром отверстий 1 мм. Определение общих химических показателей (рН, Eh, содержание основных ионов и органического углерода) проводили по стандартным методикам [1].

Содержание радионуклидов определялось в лаборатории отдела континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный). Определение ¹³⁷Cs в почве проводили на γ -спектрометре фирмы «CANBERA». Относительная погрешность измерения не превышала 20 %. Удельную активность ⁹⁰Sr в почвенных образцах определяли радиохимическим

методом выделения радионуклида в виде оксалатов и дальнейшего измерения β -активности выделенных препаратов ^{90}Sr на малофоновой установке УМФ-2000 и комплексе «Прогресс». Относительная погрешность измерения не превышала 20 % [4].

Почвы слабощелочные и щелочные: значения рН водных вытяжек изменяется от 7.8 до 8.9 для озера Травяное и от 8.9 до 9.9 для озера Шаблиш; рН солевых вытяжек изменяются от 6.8 до 7.8 для озера Травяное и от 7.7 до 8.6 для озера Шаблиш.

Величина окислительно-восстановительного потенциала для исследуемых почв лежат в области 355–445 мВ, что подтверждает наличие аэробных условий с хорошим промывным режимом.

Все почвы характеризуются высоким содержанием органического углерода в верхних горизонтах. Его общее содержание закономерно снижается по глубине почвенного профиля. Почвы гуматно-фульватного типа.

Для исследованных почвенных разрезов характерно концентрирование радионуклидов в верхнем (0–10 см) слое и постепенное уменьшение удельной активности вниз по почвенному профилю (рис. 1–2).

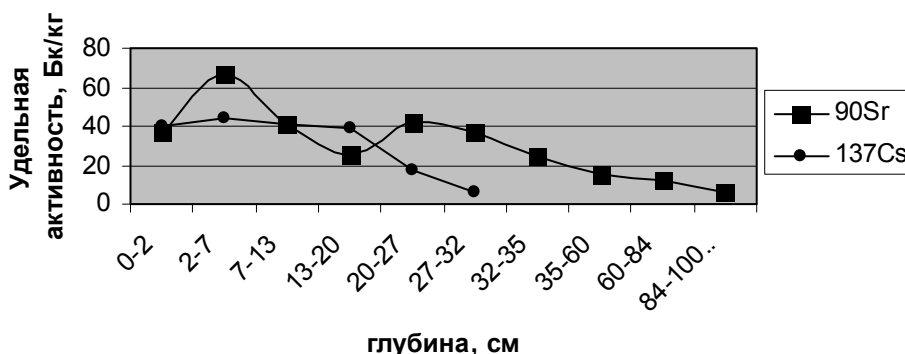


Рисунок 1. Изменение удельной активности радионуклидов по почвенному профилю водосбора озера Шаблиш

Значения удельной активности для супераквальных почв водосбора озера Шаблиш (рис. 2) в верхних горизонтах находятся в пределах 67.1 ± 15.4 Бк/кг по ^{90}Sr и 44.29 ± 3.54 Бк/кг по ^{137}Cs . Максимальная активность ^{90}Sr характерна для почвенной подстилки, в то время как ^{137}Cs максимально накапливается в слое под подстилкой (50 % удельной активности). Стронций относительно равномерно распределен по почвенному профилю: на глубине до 25 см распределено 68 % удельной активности радионуклида. Соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ для исследованного почвенного разреза в слоях до 25 см составляет 0.16–1.6.

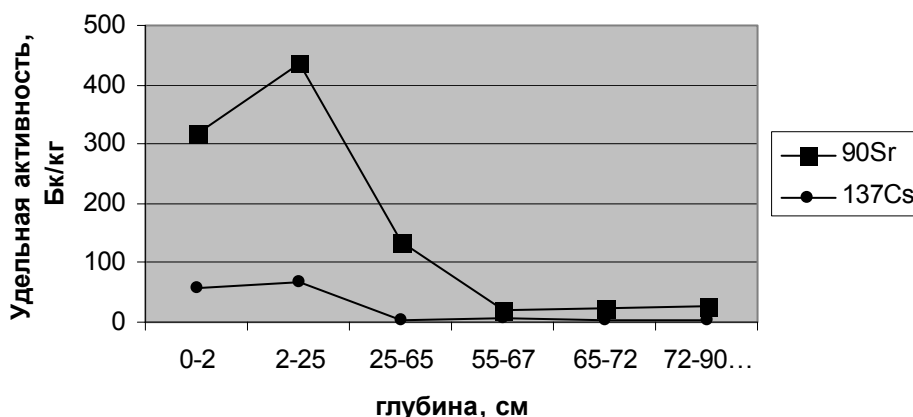


Рисунок 2. Изменение удельной активности радионуклидов по почвенному профилю водосбора озера Травяное.

Анализ распределения радионуклидов в супераквальных разрезах озера Травяное (рис. 4) показывает, что основная активность радионуклидов сконцентрирована в верхних почвенных горизонтах с наибольшим содержанием органического вещества: на глубине до 25 см содержится в среднем 91 % ^{137}Cs и 83 % ^{90}Sr , при этом основная масса радионуклидов (в среднем 55 % ^{137}Cs и 45 % ^{90}Sr) сосредоточена в подстилке и верхней части гумусного горизонта А1 под подстилкой.

Среднее отношение Sr/Cs в подстилке составляет 5.5, в горизонтах А до 25 см оно колеблется от 1.8 до 7.5. Такая закономерность не характерна для озер дальней зоны ВУРСа, но более характерна для распределения радионуклидов в почвах водосборных территорий озер средней зоны, выявленных ранее. Данное сходство отмечалось не только для почвенного компонента экосистемы, но и в распределении и накоплении радионуклидов в воде и донных отложениях [3]. Возможно, данный факт можно связать с защитными мероприятиями, проводимыми на территории водоемов после аварии 1957 г.: в озеро Травяное с целью замора рыбы было сброшено около 20 тонн навоза, что могло резко повлиять на миграционные процессы во всей экосистеме водоема.

Таким образом, на характер миграционных процессов радионуклидов в озерных экосистемах ВУРСа оказывает влияние не только расположение объекта относительно источника эмиссии, но и общий химический состав, структура компонентов, первоначальный уровень загрязнения и состав выпавшей радионуклидной смеси, а также мероприятия защитного характера, проводимые после аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Добровольский, В.В.* Роль органического вещества почв в миграции тяжелых металлов / В.В. Добровольский // *Природа*. – 2004. – № 7. – С. 35–39.
3. *Левина С.Г., Аклеев А.В.* Современная радиоэкологическая характеристика озерных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа / М.: «РАДЭКОН», 2010. – 238 с.
4. *Методика выполнения измерений удельной активности цезия-137 и стронция-90 в почвах и донных отложениях.* Свидетельство № Ч 150/2002 об аттестации методики выполнения измерений / Гос. ком. РФ по стандартизации и метрологии, 2002.
5. *Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 г. на ПО «Маяк»* / под ред. А.В. Аклеева, М.Ф. Киселева. – М.: ГУП Вторая типография ФУ «Медбиоэкстрем» при Минздраве РФ, 2001. – 294 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Урал (проект №10-05-96012).

УДК 504.3.06;631.55.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Варакина, А.А. Комаров, В.Н. Соболева, П.А. Суханов
ООО «Агрохимзем», Санкт-Петербург, agrohizem@gmail.com

Оценка экологического состояния почв приобретает в настоящее время все большее значение, а особенно актуальной она стала для пахотных земель, на которых выращиваются продовольственные культуры.

Почвы – главный ресурс продовольственного обеспечения и ключевой фактор экологической безопасности. Особая роль почвенного покрова в наземных экосистемах становится все более осознаваемой не только в научной среде, но и широкой общественностью. Обусловлено это, очевидно, с одной стороны, ухудшением экологической обстановки в целом, а с другой стороны, в стремительном развитии экологических знаний. В агроэкосистемах наряду с другими экологическими характеристиками очень важно знать содержание токсикантов и других вредных веществ в почвах, которые могут накапливаться в растениях, а затем по трофическим цепям попадать в организм человека. Высокое содержание токсикантов в почвах, в частности тяжелых металлов, может быть следствием причин природного происхождения. Например, геохимические аномалии, обусловленные особенностью состава почвообразующих пород или поступлением различных элементов на поверхность из разломов в твердых породах. Однако, все большую опасность вызывают загрязнения почв антропогенно-техногенного происхождения.

В Ленинградской области и в границах Санкт-Петербурга силами агрохимической службы (ФГУ «Центр агрохимической службы «Ленинградский») в период с 1995 по 2004 год было проведено эколого-токсикологическое обследование почв всех пахотных земель и частично почв кормовых угодий на общей площади 517.5 тыс. га. (Таблица).

Таблица. Результаты эколого-токсикологического обследования почв.

№ п/п	Административный район	Обследованная площадь, тыс.га	Загрязненные площади, га					
			медь	цинк	свинец	кадмий	мышьяк	фтор
1	Бокситогорский	4.8	–	–	24	–	–	263
2	Волосовский	82.4	26	6	–	–	273	34
3	Волховский	27.9	–	–	–	–	301	1453
4	Всеволожский	24.5	17	115	29	–	36	348
5	Выборгский	33.2	14	30	40	–	14	1457
6	Гатчинский	65.4	17	24	32	–	6	933
7	Кингисеппский	30.6	–	2	–	46	356	22
8	Киришский	9.6	–	–	–	–	302	187
9	Кировский	12.8	–	75	41	–	35	342
10	Лодейнопольский	18.2	–	–	13	–	29	612
11	Ломоносовский	30.8	–	30	60	–	124	1585
12	Лужский	60.0	–	–	–	–	137	873
13	Подпорожский	8.8	–	–	–	–	101	79
14	Приозерский	20.1	–	16	35	–	26	314
15	Сланцевский	20.0	–	–	–	–	–	248
16	Тосненский	40.9	81	103	114	–	79	576
17	Тихвинский	27.5	–	–	–	–	–	241
Итого		517.5	155	401	388	46	1819	9567

Загрязнение почв устанавливалось по результатам анализов образцов почв на содержание подвижных форм меди, цинка, свинца, фтора и валовых форм кадмия и мышьяка. Результаты исследований приведены в разрезе административных районов. Из приведенных данных видно, почвы сельскохозяйственных земель, загрязненные тем или иным токсикантом выявлены во всех районах области. Общая площадь загрязненных почв среди сельскохозяйственных земель не превышает 2.5 % от обследованной площади. Наиболее часто среди сельскохозяйственных угодий встречаются почвы, загрязненные фтором (9.5 тыс. га) и мышьяком (1.8 тыс. га). Выявленные площади с загрязнением почв другими токсикантами не превышают 0.2 % от обследованных сельскохозяйственных угодий. Степень загрязнения в преобладающем большинстве случаев слабая, то есть в пределах от 1ПДК до 2ПДК. Поскольку преобладающими загрязнителями оказались фтор и мышьяк, то их поступление и накопление в значительных количествах скорее всего связано с внесением чрезмерно высоких доз фосфорных удобрений в 60–80-е годы прошлого столетия, в которых эти элементы содержались в заметных количествах. Приводимые нами площади загрязненных почв выявлены в результате исследования на содержание токсикантов проб почв, отобранных при обычном агрохимическом картографировании сельскохозяйственных угодий. Очевидно, что специальное эколого-токсикологическое обследование почв дало бы более точное представление о распространении загрязненных почв и содержании в них токсикантов.

Выявление загрязненных почв среди пахотных земель даже на таких незначительных площадях обязывает обращать особое внимание на контроль содержания токсикантов в растениеводческой продукции, подлежащей декларированию и сертификации. Валовое производство картофеля составляет в области за последние годы 100–120 тыс. тонн на площади 5.5–5.8 тыс. га, а овощей 130–140 тыс. тонн на площади 2.6–3.0 тыс. га. Исследования овощной продукции и картофеля, проведенные ООО «Агрохимзем» в 2010 году, позволяют отметить следующее.

Картофель свежий продовольственный урожая 2010 года согласно анализам 22 проб из 15 сельскохозяйственных предприятий характеризуется:

- низким содержанием нитратов 36–161 мг/кг (ПДК 250 мг/кг),
- содержанием кадмия от 0.003 мг/кг до 0.026 мг/кг (ПДК 0.03 мг/кг),
- содержанием ртути 0.002–0.006 мг/кг (ПДК 0.02 мг/кг),
- содержанием свинца менее 0.05 мг/кг (ПДК 0.5 мг/кг),
- содержанием мышьяка менее 0.05 мг/кг (ПДК 0.2 мг/кг),
- остаточные количества ГХЦГ, ДДТ не обнаружены,
- остаточные количества пестицидов: зенкор, браво, ридомил, ширлан не обнаружены,
- цезий, стронций не обнаружены.

Капуста белокочанная свежая урожая 2010 года согласно анализам 16 проб из 10 сельскохозяйственных предприятий характеризуется:

–содержанием нитратов 173–446 мг/кг – ранняя (ПДК – 900 мг/кг), 94–216 мг/кг – поздняя (ПДК – 500 мг/кг),

–кадмий, свинец, мышьяк не обнаружены,

–содержанием ртути 0.002–0.008 мг/кг (ПДК – 0.02 мг/кг),

Остаточные количества пестицидов: шарпей, каратэ, децис, БИ-58, кимикс не обнаружены.

Морковь столовая свежая урожая 2010 года согласно анализам 17 проб из 11 сельскохозяйственных предприятий характеризуется:

–содержанием нитратов в интервале 76–273 мг/кг (ПДК – 400 мг/кг), 36–108 мг/кг (ПДК – 250 мг/кг),

–содержанием кадмия от 0.003 мг/кг до 0.024 мг/кг (ПДК – 0.03 мг/кг),

–содержанием ртути 0.002–0.009 мг/кг (ПДК – 0.02 мг/кг),

–содержанием свинца на уровне 0.05 мг/кг (ПДК – 0.5 мг/кг),

–содержанием мышьяка менее 0.05 мг/кг (ПДК – 0.2 мг/кг),

–остаточные количества ГХЦГ, ДДТ не обнаружены,

–остаточные количества пестицидов: арриво, гезагард, шарпей, актеллик, децис, рейсер не обнаружены,

–цезий, стронций не обнаружены.

Свекла столовая свежая урожая 2010 года согласно анализам 16 проб из 10 сельскохозяйственных предприятий характеризуется:

–содержанием нитратов в интервале 216–717 мг/кг (ПДК – 1400 мг/кг),

–содержанием кадмия от 0.003 мг/кг до 0.028 мг/кг (ПДК – 0.03 мг/кг),

–содержанием ртути 0.002–0.005 мг/кг (ПДК – 0.02 мг/кг),

–содержанием свинца на уровне 0.05 мг/кг (ПДК – 0.5 мг/кг),

–содержанием мышьяка менее 0.05 мг/кг (ПДК – 0.2 мг/кг),

–остаточные количества ГХЦГ, ДДТ не обнаружены,

–остаточные количества пестицидов: циперметрин, метамитрон, диметоат, БИ-58 не обнаружены.

Перечень проверяемых показателей в исследованной продукции определялся согласно СанПиН 2.3.2. 1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов». Это нитраты, кадмий, свинец, ртуть, мышьяк, остаточные количества пестицидов ГХЦГ, ДДТ, цезий-137, стронций-90, а также контролировались остаточные количества тех пестицидов, которые были использованы при выращивании. Вся продукция исследовалась в аккредитованном лабораторном центре ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург».

Продукция двух сельхозтоваропроизводителей (картофель, свекла, морковь СПК «ПЗ «Детскосельский», свекла, морковь ЗАО «Племхоз им. Тельмана») получили экологические сертификаты. Для этого продукция была исследована на дополнительные показатели, необходимые для экологической сертификации в добровольной системе «ЭКОЛОСЕРТИК» в ИЛ Института токсикологии «АНАЛЭКТ». В перечень дополнительных показателей входили:

– стойкие органические загрязнители: полихлорированные бифенилы, хлорбензолы, альдрин, хлордан, гептахлор;

– стойкие токсичные и биоаккумулирующие соединения: полиароматические углеводы, бенз(а)пирен, хлорфенолы;

– приоритетные химические загрязнители: алюминий, бериллий, барий, бор, никель, хром, кадмий, медь, свинец, цинк, стронций, серебро, молибден, титан, мышьяк.

Проведенные исследования проб овощей и картофеля, выращенных в наиболее крупных сельскохозяйственных предприятиях области, являющихся основными производителями этой продукции, показали, что овощную продукцию и картофель, производимые в Ленинградской области, можно характеризовать как безопасные. Безопасность продукции в значительной мере предопределяется благополучным экологическим состоянием преобладающей части почв, на которых выращиваются овощи и картофель, а также соблюдением технологий выращивания этих культур и регламентов применения средств защиты.

ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ
АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЦЕНОЗЫ

В.Г. Сычѳв, А.М. Алиев, Н.И. Цимбалист

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н.Прянишникова Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИА),
Центральная опытная станция ВНИИА (ЦОС ВНИИА)

С экологической точки зрения важным подходом, отвечающим актуальным задачам современности, является разработка допустимого уровня антропогенной нагрузки на единицу площади. По мнению разных авторов он колеблется от 1 до 30 ГДж/га [1–3]. Этот показатель зависит от зоны, почвы, местоположения в агроландшафте, структуры агроэкосистемы и ее использования. При разработке критериев экологического нормирования антропогенной нагрузки прежде всего должна быть учтена экологичность технологических процессов, т.е. попытаться сделать всё возможное, исходя из накопленных знаний, для получения экологически безопасной продукции. Так, например, при технологических операциях, связанных с почвой и растениями, необходимо исходить прежде всего из того, какое воздействие на них будет оказано энергетическими средствами, сельскохозяйственными машинами и орудиями и агрохимикатами, погодными условиями (продуктивность культур, давление на почву и в связи с этим влияние на почву: ее флору и фауну, физические и агрохимические свойства, уровни загрязнения и др.). Требуется придерживаться существующих регламентов при проведении тех или иных технологических приемов, а затем приниматься за расчеты совокупных энергозатрат.

Основой расчетов совокупных энергозатрат является энергетический эквивалент ресурсов. Однако до сих пор существует неоднозначность определения его термина и использования. Так, в определении говорится: энергетический эквивалент ресурсов – это теплоемкость ресурса и затраты на единицу его производства. Обычно в расчетах используют либо 1-ю, либо 2-ю часть или же иногда их сочетание. В связи с этим авторы применяют различные его значения, существенно отличающиеся друг от друга. Так, различие энергетических эквивалентов по топливу и электрической энергии более, чем в 2 раза; живому труду в 27–50; металлу для сельскохозяйственной техники в 20–25; извести в 6–10; по минеральным удобрениям: N удобрениям – в 1.5 раза, P₂O₅ удобрениям – в 5–10, K₂O удобрениям – в 2; по пестицидам в 20–50; по навозу – в 8 и т.д. Мы в своих исследованиях использовали шесть контрастных групп энергетических эквивалентов [4–5].

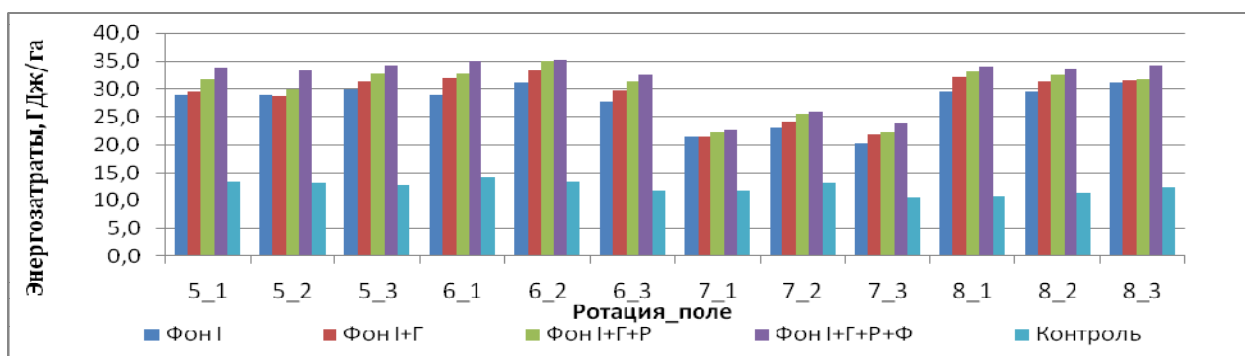


Рисунок. Совокупные энергозатраты технологий возделывания озимой пшеницы в 5–8-й ротациях севооборота на навозно-минеральном фоне в зависимости от применения удобрений и систем пестицидов (Г – гербициды, Р – ретарданты, Ф – фунгициды).

Наши многолетние исследования показали, что энергозатраты на производство продукции (рис.) по базовому варианту расчета [6, 7 (ретарданты), 8 (пестициды)] зависят от года исследований и вариантов опыта и подвержены слабой вариации (20–35 ГДж/га на удобренных фонах) не смотря на значительные изменения в урожайности культуры от 6.5 ц/га (1964 г.) на навозно-минеральном фоне до 43–48 и внесении всего комплекса средств химизации до 72–77 (1987 г. – табл. 1). Антропогенная нагрузка на посевах озимой пшеницы зависит от уровня интенсификации земледелия. По базовому варианту расчета она варьирует от 12.8 (1987 г.) при вариации на контроле (10–13 в 5–8-й ротациях – рис.) до 34.2 ГДж/га (табл. 1) при вариации на вариантах со средства-

ми химизации (20–35), а с учетом разных групп энергетических эквивалентов от 8.5 (контроль 1987 г.) до 69.0 и никаких отрицательных экологических последствий до сих пор (уже 50 лет с начала закладки опыта) не выявлено, что подтверждает правильность экологического нормирования антропогенной нагрузки удобрениями и пестицидами на агроценозы в стационарном опыте. Контроль был создан на запасном варианте после 24-летнего применения удобрений и гербицидов. В данном опыте экологические исследования (продуктивность с.-х. устойчивых и чувствительных культур к пестицидам в севообороте, агро-, биохимические, микробиологические, остаточные количества ксенобиотиков, различные биотесты и др.) ведутся с самого начала закладки опыта [12–15].

Таблица 1. Зависимость энергозатрат при возделывании озимой пшеницы от применения средств химизации и разных групп энергетических эквивалентов, ГДж/га (1987 г., ротация 5, 3-е поле, без учета сорняков)

Вариант	Урожайность, ц/га	Группа энергетических эквивалентов					
		1*	2	3	4	5	6
1. Фон I + Г + Р + Ф	71.7	28.3	34.5	34.2	55.2	68.9	43.5
2. Фон I + Г + Р	60.3	27.4	33.1	32.8	52.9	67.4	40.9
3. Фон I + Г	58.0	26.2	31.7	31.3	49.4	65.9	38.9
4. Фон I	42.6	25.5	30.4	29.9	47.1	64.4	36.4
5. Фон II + Г + Р + Ф	76.7	27.2	34.0	33.8	40.6	40.9	47.9
6. Фон II + Г + Р	58.9	26.0	32.0	31.6	38.5	38.6	44.0
7. Фон II + Г	55.1	24.7	30.6	30.2	37.1	37.1	42.0
8. Фон II	47.5	24.4	30.0	29.6	36.5	36.5	41.0
9. Контроль	30.7	8.5	12.5	12.8	9.6	18.4	21.3
НСР ₀₅	5.5	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

Примечание. Фон I – навоз 30 т/га, 2- и 6-й годы действия + N120P50K150; Фон II – N150P60K160, Г – 2.4-ДА, 40 % в.р., 2 л/га; Р – ТУР, 60 % в.р., 6.0 л/га; Ф – фундазол, 50 % с. п., 0.5 кг/га; тилт, 25 % к.э., 0.5 л/га. Контроль – без средств химизации, кроме протравителя семян после 24-летнего применения удобрений и гербицидов. Группа энергетических эквивалентов ресурсов: 1 – по [7]; 2 – по [9]; 3 – по [6]; 4 – по [10]; 5 – по [6+3]; 6 – по [11].

Таблица 2. Энергозатраты при возделывании озимой пшеницы в зависимости от применения гербицидов и разных групп энергетических эквивалентов ресурсов, ГДж/га (1962 г., 2-е поле)

Вариант		Группа энергетических эквивалентов					
		1	2	3	4	5	6
1. Изофен, 50 % с.п., 4 кг/га	а*	26.1	28.3	28.8	40.6	53.8	62.4
	б	26.4	29.1	29.8	41.5	54.9	64.2
2. 2М-4ХМ, 40 % в.р., 5 л/га	а	26.1	28.2	28.7	40.5	53.7	62.2
	б	26.3	28.7	29.3	41.1	54.4	63.3
3. 2М-4ХМ, 40 % р.п., 5 л/га + Изофен, 50 % с.п., 4 кг/га	а	26.6	28.8	29.4	42.2	54.4	63.3
	б	26.7	29.2	29.7	42.5	54.8	64.0
4. Фон – Навоз**, 20 т/га + N50P40K30	а	25.6	27.5	28.0	38.8	52.9	61.1
	б	26.1	29.2	30.1	40.7	55.3	64.9
НСР ₀₅	а	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
	б	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3

Примечание. а – без учета сорняков, б – с учетом сорняков. Фон – Навоз, 20 т/га, 1-й год действия.

Следует иметь в виду, что использование значений контрастных групп значений энергетических эквивалентов ресурсов при расчетах значительно влияет на интерпретацию как энергетического анализа всей технологии, так, в частности, и применения средств химизации в них. Особенно это проявляется при учете влияния сопутствующих факторов, например, засоренности посевов,

которые определяли с помощью интерполяционных формул норм выработки и норм расхода топлива для технологических операций – прямое комбайнирование с копнением при уборке урожая и транспортировка соломы и скирдование (табл. 1). При экологическом нормировании необходимо безусловное исполнение регламентов проведения технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур (системы обработки почвы, уборки и доработки урожая, применения агрохимикатов и т.д.). Например, при неправильном применении пестицидов – превышение их доз в сравнении с разрешенными потребует всего несколько МДж/га, которое может привести к значительным потерям урожая или полной его гибели. Поэтому о конкретной величине критической антропогенной нагрузки говорить не приходится, так как она не является абсолютным критерием технологии возделывания культуры.

Таким образом, обоснована необходимость унификации методик энергетического анализа и прежде всего энергетических эквивалентов энергоресурсов при возможном определении антропогенной нагрузки на агроценозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Созинов А.А., Новиков Ю.Ф.* Энергетическая цена индустриализации агросферы // *Природа*. 1985. N 5. С.11-19.
2. *Жученко А.А.* Адаптивное растениеводство. Кишинев. ШТИИИЦА, 1990. 432 с.
3. *Михайличенко Б.П., Кутузова А.А., Новоселов Ю.К. и др.* Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: ВНИИ кормов, 1995. 174 с.
4. *Н.И.Цимбалист, В.Ф.Ладонин, А.М.Алиев, В.А.Шмонин.* Зависимость энергетической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы от энергетических эквивалентов ресурсов. М., 2008. Доклады ТСХА. Выпуск 280. 162–165.
5. *Н.И.Цимбалист, В.Ф.Ладонин, А.Н.Чернышев, С.В.Трушкин и др.* Методика определения энергетического эквивалента соломенного подстилочного навоза в зависимости от энергетических эквивалентов компонентов затрат под редакцией академика РАСХН В.Г.Сычёва. Брянск, Издательство Брянской ГСХА, 2009. – 58 с.
6. *Никифоров А.Н., Токарев В.А., Борзенков В.А. и др.* Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. М.: ВИМ, 1995. 95 с.
7. *Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е.* Энергетическая оценка технологий возделывания полевых культур. Учебное пособие. М.: МСХА, 1995. 22 с.
8. *Гончаров Н.Р., Долженко В.И., Каширский О.П.* Нормативы энергетических затрат на пестициды при обработке наземными машинами. С.-Пб.: ВИЗР, 1999. 68 с.
9. *Володин В.М., Еремина Р.Ф., Федорченко А.Е., Ермакова А.А.* Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск, ЮМЭКС, 1999. 48 с.
10. *Миндрин А.С.* Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М.: ВНИИЭТУСХ, 1997. 187 с.
11. *Е.И.Базаров, Е.В.Глинка, Д.А.Мамонтова и др.* Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. М.: Минсельхоз СССР, 1983. 44 с.
12. *Алиев А.М.* Эффективность комплексного применения средств химизации в интенсивном земледелии центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР. Дисс. на соискание уч. ст. доктора с.-х. наук. 1989. 396 с.
13. *Ладонин В.Ф., Алиев А.М.* Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии. М. Агропромиздат, 1991. – 270 с.
14. *Ладонин В.Ф., Алиев А.М., Валькова В.И.* Агроэкологические аспекты комплексного применения средств химизации в севооборотах Российского нечерноземья. Сообщение 1 // *Агрохимия* 1992а, N 9, С.45–52.
15. *То же.* Сообщение 2 // *Агрохимия* 1992б, N 10, С. 93–103.

В системе биосфера-общество определяющей силой является экономическая деятельность людей и социальная природа общества. В настоящее время экономическое и социальное развитие общества пришло в противоречие с ресурсопроизводящими и жизнеобеспечивающими возможностями биосферы [2].

Все виды природопользования сопровождаются не только получением желаемых результатов, но и эколого-экономическими и эколого-социальными последствиями. Для сухостепных пастбищных экосистем (площадью 5178.7 тыс. га или 83.2 %), находящихся на юго-востоке европейской части России, включающих Прикаспийскую низменность, Ергенинскую возвышенность и Кумо-Манычскую впадину, одной из наиболее актуальных экологических проблем последнего времени являются антропогенные воздействия, вызывающие почвенно-деградационные и другие негативные процессы. В сильно измененных ландшафтах происходят коренные трансформации большинства компонентов среды с нарушением естественных связей при неустойчивом состоянии природных экосистем.

По степени антропогенного воздействия на природные экосистемы калмыки наибольшее влияние оказал процесс опустынивания земель аридных территорий. Согласно Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием термин «земля» означает земную биопродуктивность, систему, включающую в себя почву, воду, растения, прочую биомассу, а также экологические и гидрологические процессы, происходящие внутри системы [1].

Исследования многих ученых по динамике опустынивания показали, что цикличность антропогенного опустынивания обусловлена как климатическим фактором, так и сменой социально-экономической обстановки в стране. В частности, наблюдаемая в последние 10 лет восстановительная сукцессия экосистем совпала как со снижением нагрузки скота на прикаспийские пастбища, так с периодом повышенного увлажнения.

На территории Республики Калмыкия имеют место несколько групп техногенных воздействий, вызывающих ответные реакции среды: оросительные и обводнительные системы, разработка месторождений полезных ископаемых, транспортная система.

В одном из крупных водных объектов – системе «Маныч-Чограй» высокая минерализация водоемов (30–40 г/л) и тенденция ее роста (оз. Маныч-Гудило) определяются как природными (дефицит речного стока, литологический состав пород и распространение солончаков), так и антропогенными факторами (возвратные коллекторно-дренажные воды с оросительных систем и напорные подземные воды). В Чограйском водохранилище минерализация воды (1.7–1.8 г/л) находится на экологически предельно допустимом для рыб уровне, а на большей части оз. Маныч-Гудило за его пределами. Коллекторно-дренажные воды – один из главных источников солевого загрязнения водоемов и водотоков системы «Маныч-Чограй». Необходимо снижение поступления этих вод за счет сокращения площадей орошения, введения водосберегающих технологий, замены приоритетных культур на менее водоемкие [4]. Гидротехническое, мелиоративное строительство (сооружение плотин, каналов, создание водохранилищ, строительство ирригационных систем) ведет к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию, засолению земель, к активизации неблагоприятных экзогенных геологических процессов, изменению структуры ландшафтов. Орошаемое земледелие в Сарпинской низменности, западной зоне республики с черноземными почвами и части Ергенинской возвышенности и Манычской впадины вызвало к таким явлениям, как вторичное засоление почв, заболачивание, осолонцевание, приводящим к образованию галофитных ассоциаций, снижению биологического разнообразия и уничтожению естественных и сухостепных экосистем. На территории республики функционирует пять крупных обводнительно-оросительных систем. Общая площадь орошаемых земель составляет около 122 тыс. га, из них более 70 % находится в неудовлетворительном состоянии [3]. Подверженность компонентов экосистемы воздействию факторов, изменяющих ее устойчивость, а также сила и активность этих факторов характеризуется предельно допустимой нагрузкой.

Для аридных зон юга России наиболее актуальны оценки воздействия топливно-энергетического комплекса на природную среду и ландшафты. Наиболее масштабные и глубокие региональные изменения ландшафтов вызывают разработки полезных ископаемых путем бурения скважин (нефть, газ, вода, минеральные соли). Это ведет к активизации карстовых, суффозионных и других процессов, к загрязнению подземных вод, оседанию и провалам грунтов дневной площади [6].

Разработка месторождений полезных ископаемых приводит к увеличению площади нарушенных земель, на территории республики с 2002 г. при разработке месторождений полезных ископаемых она составляет 4205 га. Разработка нефтяных месторождений на юго-востоке республики (Прикаспий) приводит к загрязнению почв нефтепродуктами, физическому уничтожению почвенно-растительного покрова, ухудшению общей экологической среды обитания человека. Почти все производственные объекты в нефтяной и газовой промышленности при соответствующих условиях загрязняют окружающую среду множеством опасных и вредных веществ разной экологической значимости. Помимо природных углеводородных спутников, продуктов переработки, в составе загрязнений содержатся многочисленные реагенты, катализаторы, ПАВ, ингибиторы, щелочи, кислоты, вещества, образующиеся при горении и химическом превращении и т.д. Экологическая опасность этой отрасли производства продолжает оставаться. Об этом свидетельствуют замечания и предложения экологов КИГИ, ИКИАТ и других институтов Республики Калмыкия по предварительной оценке проектов компаний «Лукойл».

Воздействие транспортных систем также может повлиять на экологическое равновесие в регионе. Ежегодное строительство автомобильных дорог приводит к нарушению 541 га земель, а система многочисленных грунтовых дорог, распространенных по всей территории Калмыкии, приводит к изменению физических показателей почв, уплотнению, уничтожению травянистых экосистем. В последнее время к этой категории транспорта прибавилась трасса нефтепровода «Тенгиз-Новороссийск», проведенная через всю территорию республики, охватывая все почвенно-растительные зоны, приводящая также к уничтожению значительных (597 га) площадей естественных степных экосистем. В.П. Чичагов, изучая проблемы разрушения аккумулятивных равнин аридных территорий грунтовыми дорогами на примере Калмыкии, дал региональную характеристику дорожной дигрессии [9].

Сеть автомобильных дорог, газо- и нефтепроводов покрывает большую часть территории Калмыкии. Воздействие транспортных систем на окружающую среду заключается в непосредственном преобразовании геологического субстрата во время строительства транспортных магистралей, в выбросе в атмосферу продуктов сгорания, в потерях горюче-смазочных материалов, шумовых, вибрационных и тепловых воздействиях. Исследования показали, что в полосе магистральных автомобильных дорог шириной 30–60 м в почвах, грунтовых водах и растительности накапливаются свинец, цинк и другие тяжелые металлы в концентрациях, значительно превышающих ПДК.

При разрывах нефте-, газо- и других трубопроводов в почву и водоемы попадают десятки и сотни тонн загрязняющих веществ. Очаги загрязнения могут занимать огромные площади и существовать продолжительное время. Химически-токсичные и взрыво-пожароопасные виды техногенных объектов являются потенциально опасными. Согласно постановлению Правительства Республики Калмыкия, реестр таких потенциально опасных объектов на территории республики включает 137 наименований [7].

Обоснование устойчивости эксплуатации возобновляемых ресурсов (водных, энергетических, биологических), выявление экологических факторов, воздействующих на здоровье людей, комплексная оценка состояния экосистем и экологическое прогнозирование становятся приоритетными задачами регионально-адаптированного экосистемного мониторинга аридных зон [10]. Актуальность проведения комплексного мониторинга загрязненности среды и биоты последние годы возрастает. Экологический мониторинг природных ландшафтов должен включать сопряженный мониторинг с включением космической информации в зоне влияния опасных техногенных объектов. Особенно это касается побережья Каспийского моря [8]. При осуществлении мероприятий по мониторингу в целях предупреждения, контроля и ликвидации опасной ситуации, особая роль отводится механизму комплексной оценки уровня безопасности природной среды и окружающих территорий с использованием дистанционной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Золотокрылин А.Н.* Современная трактовка проблемы в рамках конвенции ООН по борьбе с опустыниванием// Опустынивание засушливых земель России: новые аспекты анализа, результаты, проблемы. – М.: Товарищество научных изданий, КМК, 2009. С. 9–15
2. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
3. *Комплексное исследование* водных ресурсов Республики Калмыкия – Элиста: ЗАОр «НПП Джангар», 2006. 352 с.
4. *Матишов Д.Г., Гарконо Ю.М., Ермолов В.С.* Современный гидрохимический режим водоемов системы Маныч-Чограй//Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем Юга России – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 200–221.
5. *Матишов Г.Г., Дженюк С.Л.* Концепция экосистемного мониторинга аридных зон Юга России//Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем Юга России – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 17–34.
6. *Петров К.М.* Общая экология: взаимодействие общества и природы// Учебное пособие для ВУЗов – СПб: Химиздат, 2000. 352 с.
7. *Реестр потенциально опасных объектов* Республики Калмыкия// Приложение к постановлению Правительства Республики Калмыкия от 2 апреля 2009 г. №101. Правительственная газета, от 5 мая 2009 г., №33 (709). С. 6.
8. *Тащиннова Л.Н., Богун А.П., Цуцкин Е.В.* Изучение природной среды территории Калмыкии на основе космической информации// Труды Южного Научного Центра, т.1 «Геология», Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ-РАН, 2006. С. 259–268.
9. *Чичагов В.П.* Проблема разрушения аккумулятивных равнин аридных областей грунтовыми дорогами на примере Калмыкии// Сборник научных трудов «Охрана почв Калмыкии и прилегающих территорий», вып. 2 – Элиста, 2003. С. 65–73.

УДК 631.4[631.438+631.453]:631.472.08

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВ НА АГРЕГАТНОМ УРОВНЕ И ЕЁ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ К ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

А.Д. Фокин, С.П. Торшин

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, sptorshin@rambler.ru

Многими исследователями отмечались различия в составе и свойствах почвенной массы, а также в процессах на поверхности и внутри почвенных агрегатов. В частности, при анализе поверхностной и внутриведной почвенной массы были обнаружены достоверные различия в значениях почвенной кислотности, содержании подвижных форм элементов минерального питания, микробиологической активности и других показателей. Дифференциация структурных и функциональных показателей на уровне почвенных агрегатов наблюдалась как в пахотных почвах, так и в почвах, длительное время находящихся под естественной растительностью. Однако систематических сравнительных исследований данного вида дифференциации почвенной массы и процессов, протекающих на уровне почвенных агрегатов в естественных и пахотных почвах, не проводилось. Между тем, есть основания предполагать, что важнейшие процессы, как корневое питание растений и транспортные потоки вещества в почвенной массе, различные проявления микробиологической активности протекают по-разному на поверхности и внутри почвенных агрегатов.

Особую роль дифференциация почв на агрегатном уровне приобретает в условиях техногенного загрязнения почв. Было показано, что при первичном взаимодействии ^{137}Cs , поступающего на поверхность агрегированных почв в составе аэриальных выпадений, происходит его сорбционное закрепление на поверхности почвенных агрегатов. Проникновение радионуклида внутрь агрегата не превышает десятой доли миллиметра. Данное обстоятельство способствует поступлению ^{137}Cs в растения, поскольку концентрация корневых волосков, вероятно, более высокая по сравнению с межагрегатным пространством почвы по сравнению с внутриведной массой. Наблюдения в модельном эксперименте с тотальным и поверхностным распределением ^{137}Cs в почвенных агрегатах показали существенное, приблизительно десятикратное, преимущество в коревом поглощении ^{137}Cs с

поверхности почвенных агрегатов по сравнению с внутрипедной массой. Учитывая, что цезий является химическим аналогом калия, можно в первом приближении экстраполировать полученный результат и на некоторые другие элементы минерального питания.

Токсикант, первоначально сорбированный на поверхности агрегатов, в дальнейшем, по мере разрушения и новообразования агрегатов постепенно распределяется относительно равномерно в почвенной массе и становится менее доступным для растений. При этом коэффициент накопления ^{137}Cs растениями фасоли и гороха в опытах с серой лесной почвой снижается в 3–4 раза. Это снижение происходит за 3–4 цикла вегетации. Данное время условно можно рассматривать как среднестатистическое время «жизни» агрегата.

УДК 631.8; 502.521

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДВИЖНОСТИ ^{137}Cs ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ, ПОДВЕРГШЕЙСЯ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС)

М.В. Федоркова¹; Е.П. Пахненко²; Н.И. Санжарова¹

¹ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, г.Обнинск;

²Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, shishulina2005@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

К природным особенностям территории, попавшей в зону загрязнения радиоактивными выпадениями после аварии на Чернобыльской АЭС, надо отнести широкое распространение малоплодородных почв легкого гранулометрического состава, характеризующихся повышенной доступностью радионуклидов для сельскохозяйственных растений (Белоус, Драганская, 2001). Повышение плодородия и продуктивности песчаных почв как основная задача при ведении земледелия в этой зоне решается путем применения удобрений. В то же время мероприятия, направленные на повышение почвенного плодородия, оказываются эффективными и для снижения перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственные растения (Панов и др., 2009).

Накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами зависит от ряда факторов, среди которых значимую роль играют почвенные характеристики и биологические особенности растений (Горина, 1976). В том случае, когда набор культур задан севооборотом, поступление ^{137}Cs в растения в основном определяется свойствами почвы. Применение удобрений вызывает изменение агрохимических показателей, которые в свою очередь влияют на уровень почвенного плодородия и аккумуляцию радионуклидов в растительной продукции.

Цель проведенных нами исследований заключалась в наблюдении за динамикой параметров, влияющих на биологическую подвижность ^{137}Cs при применении различных систем удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2007–2008 гг. на многолетнем стационарном опыте Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции ВНИИА на дерново-подзолистой песчаной почве, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Плотность загрязнения ^{137}Cs составляет 475 ± 30 кБк/м². Влияние удобрений изучалось в четырехпольном севообороте: картофель, овес, люпин на з/к, озимая рожь. Для сравнения были взяты три системы удобрений: органическая (80 т/га подстилочного навоза КРС под пропашную культуру), органоминеральная (40 т/га навоза + НРК) и минеральная (возрастающие дозы НРК). Дозы минеральных удобрений выбирались в зависимости от зональных рекомендаций, под люпин азотные удобрения не вносили.

В отобранных с делянок опыта образцах почвы определяли основные агрохимические показатели, формы нахождения ^{137}Cs и калия, коэффициент распределения ^{137}Cs (Kd-соотношение количеств радионуклида в жидкой и твердой фазе почвы). Для определения параметра Kd был проведен лабораторный эксперимент на 14-дневных проростках ячменя с дополнительным внесением ^{137}Cs в почву. Радионуклид вносился в виде водного раствора хлорида цезия, в результате чего удельная активность почвы составила $3.4 \cdot 10^5$ Бк/кг.

Содержание ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах определяли на многоканальном анализаторе IN-1200 (Франция) с полупроводниковым детектором из сверхчистого Ge. Ошибка измерений не превышала $\pm 10\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что закономерное варьирование агрохимических показателей, вызванное применением удобрений, приводит к изменению состояния ^{137}Cs в почве, которое характеризуется соотношением форм нахождения радионуклида. В нашем исследовании мы проанализировали динамику коэффициента подвижности, который представляет собой соотношение количества ^{137}Cs в обменной форме нахождения и радионуклида, находящегося в фиксированном состоянии.

При внесении минеральных удобрений в пониженных и средних дозах наблюдается снижение коэффициента подвижности ^{137}Cs по сравнению с контролем (табл. 1). Вероятнее всего фиксации радионуклида в почве способствовал калий минеральных удобрений (Тулин и др., 1996). Повышенные дозы NPK вызвали относительное повышение подвижности ^{137}Cs , что может быть связано с действием NH_4^+ , который образуется при трансформации азотных удобрений в почве и способен вызывать мобилизацию ^{137}Cs (Круглов и др., 2005).

Таблица 1. Динамика коэффициента подвижности ^{137}Cs в дерново-подзолистой песчаной почве при применении различных систем удобрения

Система удобрения/ Культура (год ротации)	Картофель (1 год)	Овес (2 год)	Люпин (3 год)	Озимая рожь (4 год)
Контроль	0.16	0.15	0.15	0.14
Органическая	0.10	0.09	0.10	0.19
Органоминеральная	0.14	0.15	0.14	0.14
Минеральная (повышенные дозы)	0.15	0.18	0.13	0.13
Минеральная (средние дозы)	0.14	0.12	0.11	0.09
Минеральная (пониженные дозы)	0.12	0.11	0.10	0.09

Применение органических удобрений способствует фиксации ^{137}Cs в почве в 1-ый и 2-ой год после внесения (Коэф. подвижности = 0.10, при контроле – 0.16), однако приводит к резкому возрастанию подвижности радионуклида в последний год ротации (Коэф. подвижности = 0.19, при контроле – 0.14). Данный факт может свидетельствовать об образовании Cs-органических соединений, образующихся при внесении органических веществ навоза в почву и разрушающихся по мере их минерализации. Возможность существования подобных соединений подтверждена в работах современных авторов (Илахун, 2008; Тулина, 2010).

Одним из параметров, позволяющим оценить эффективность воздействия удобрений на сокращение поступления ^{137}Cs в растения, является показатель кратности снижения (Ксн). Ксн – это соотношение коэффициента накопления (КН) радионуклида на варианте к КН на контроле (КН – это соотношение активности радионуклида в биомассе растительности в Бк/кг и активности почвы, также выраженной в Бк/кг).

Особенно отчетливо динамика показателя Ксн прослеживается при применении органической и органоминеральной систем удобрения. На рисунке видно, что максимальный эффект от применения удобрений наблюдается в 1-ый год ротации сразу после внесения навоза (Ксн = 3.08 при органоминеральной системе удобрения и 2.5 – при органической). К 3–4 году действие органических удобрений на сокращение поступления радионуклида в растения практически исчезает, Ксн = 0.84 и 1.48 при органической и органоминеральной системе применения удобрений соответственно.

Последний факт, вероятно, связан с довольно быстрой минерализацией органических веществ навоза, характерной для дерново-подзолистой песчаной почвы (Драганская, Чаплыгина, Белоус, 2005). Следует заметить, что в случае с органоминеральной системой удобрения последствие выражено дольше, а значения Ксн. выше, чем при применении одних органических удобрений.

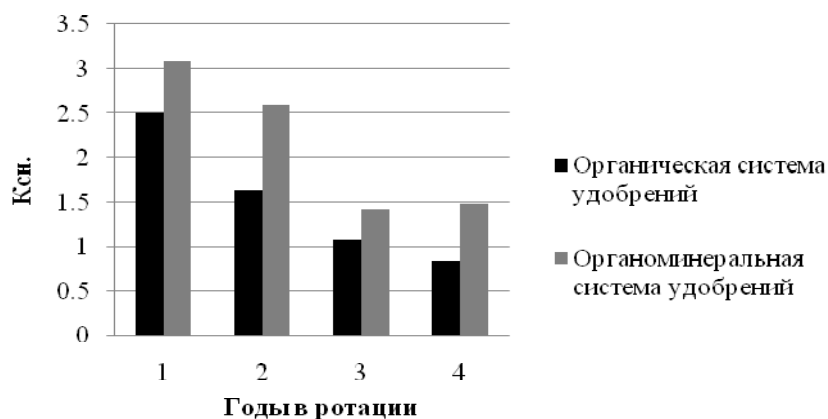


Рисунок. Динамика накопления ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами (органическая и органоминеральная система применения удобрений).

Соотношение форм нахождения калия в почве и коэффициент распределения ^{137}Cs (K_d) изучались нами в качестве параметров, с помощью которых можно прогнозировать поведение радиоцезия в системе почва-растение. Корреляционный анализ показал, что наблюдается линейная связь между степенью подвижности калия и K_d ^{137}Cs , $R^2 = 0.94$. Известно, что влияние калия на биологическую подвижность ^{137}Cs связано в первую очередь с антагонизмом между ионами радионуклида и ионами калия при корневом усвоении [2, 4]. Зависимость между K_d ^{137}Cs и его накоплением в растениях лучше всего описывается обратной степенной функцией, $R^2 = 0.96$.

ВЫВОДЫ

1. При внесении органических и органоминеральных удобрений в радиоактивно загрязненную дерново-подзолистую песчаную почву биологическая подвижность ^{137}Cs носит выраженный динамический характер и зависит от частоты пополнения запасов органического вещества почвы. Эффективность применения минеральной системы удобрения определяется их дозой и соотношением вносимого азота и калия.

2. Значения уровня подвижности калия и K_d ^{137}Cs могут быть использованы для прогнозирования поведения радионуклида в системе почва-растение.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ СЕЛЬГОВОГО ЛАНДШАФТА СЕВЕРО-ВОСТОКА КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

Н.Н. Федорова, Г.А. Касаткина, А.С. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет, soil@bio.pu.ru

Почвенный покров сельгового ландшафта северо-востока Карельского перешейка характеризуется сложностью, контрастностью и мелкоконтурностью.

Вершины высоких сельг (абсолютные отметки больше 30 м) на выходах массивно-кристаллических пород и элювии гранита заняты литоземами: Т-ТС(С)-М – торфяно-литоземами; АО-С-М – литоземами грубогумусовыми; Н-НС-С-М – литоземами перегнойными.

На вершинах и в верхних частях склонов в местах скопления элювия и продуктов его трансформации в процессе почвообразования образуются подбуры, принадлежащие к отделу альфегумусовых почв и представленные типами: подбуры (О-ВНФ-С) (подтипы – грубогумусированные, оподзоленные, иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые, глееватые); сухоторфяно-подбуры (ТТ-ВНФ-С); торфяно-подбуры глеевые (Т-ВНФg-G-CG) и подбуры глеевые (О-ВНФ-G-CG), в пределах трех последних типов выделены подтипы – оподзоленные, иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые.

Отличительной особенностью почвенного покрова вершин сельг является широкое распространение глеевых разностей почв, что не характерно для элювиальных частей рельефа. Развитие здесь глеевого процесса связано с относительной выположенностью вершин сельг и накоплением в

нижней части профиля почв тонкодисперсного материала, который заполняет трещины в граните, исполняющем роль водоупора.

Формирование глеевых подбуров, занимающих в автономных позициях сельгового ландшафта значительные площади, в первую очередь обусловлено их положением на наиболее плоских участках (плоские вершины, выположенные террасы) с минимальным уклоном, где кристаллическая порода подходит близко к поверхности. В таких местах сток атмосферных осадков затруднен, и возникает некоторый застой влаги. Примесь более тонкого материала в нижних горизонтах подбуров за счет процесса партлювации, а иногда и в результате обогащения почвообразующих пород тонкодисперсными частицами озерного происхождения влияет на развитие глеевого процесса в горизонте мощностью от 5 до 35–50 см в зависимости от уклона.

В верхних и средних частях склонов (абсолютные отметки составляют 20–25 м) формируются почвы, относящиеся к типу дерново-подбуров (AY–BF–C), подтипам оподзоленных, иллювиально-железистых, глееватых. Почвообразующими породами служат элюво-делювий гранитов и локальная супесчаная морена, обогащенные тонкодисперсным материалом послеледниковых водоемов, уровень которых поднимался не выше 20 м.

Нижние части склонов сельг и их подножья заняты двучленными отложениями (супесчаная морена, подстилаемая озерными тяжелыми суглинками). В этих условиях формируются почвы, относящиеся к отделу структурно-метаморфических, типу буроземов (AY–BM–BC–C) (подтипы – типичные, грубогумусированные, оподзоленные, глееватые, глеевые). Буроземы глеевые обычно формируются в нижних частях очень пологих склонов на делювии или морене, обогащенных примесью озерного материала и обязательно подстилаемых либо гранитной плитой, либо ленточными глинами. Положение в рельефе обуславливает дополнительный приток влаги, утяжеление гранулометрического состава мелкозема и наличие водоупора также способствуют переувлажнению и развитию глеевого процесса.

На переходе от сельговых гряд к межсельговым понижениям или на небольших щебнистых повышениях в межсельговых депрессиях встречается тип дерново-подзолистых почв (AY–EL–BEL–BT–C), относящихся к отделу текстурно-дифференцированных, формирующихся на озерных отложениях или двучленах.

В межсельговых понижениях по мере движения к центральной пониженной части происходит утяжеление гранулометрического состава почвообразующей породы до тяжелосуглинистого, что приводит к интенсификации глеевого процесса и образованию горизонта G на глубине 40–50 см. Здесь формируются дерново-подзолистые глеевые почвы: AY–EL–BEL_g–BT_g–G–CG. Незначительные площади занимают дерново-элювоземы глеевые (AY–EL(g)–CG), которые диагностируются по наличию серогумусового и элювиального горизонтов, залегающих на глеевой почвообразующей породе.

При усилении глеевого процесса почвообразования в центральной части межсельговых понижений в условиях длительного переувлажнения формируются серогумусово-глеевые почвы: AY–AB_g–G–CG.

Сложность почвенного покрова, разнообразие почв, отличающихся свойствами и режимами, обуславливают проявление всего комплекса почвенных экологических функций.

Взаимодействие функций жизненного пространства, источника элементов питания, энергии и влаги, стимулятора биохимических процессов приводит к закономерной смене растительного покрова в пределах сельгового ландшафта.

Вершины сельг заняты главным образом пятнистым комплексным растительным покровом, представляющим чередование моховых и лишайниковых пустошей с отдельными фрагментами сосняков низкого класса бонитета, поскольку выполнение функции механической опоры затруднено благодаря небольшой мощности и высокой щебнистости профиля литоземов. Увеличение мощности профиля, обогащение питательными элементами за счет развития альфегумусового процесса позволяют заселять подбуры отдельными древесными растениями (сосна – *Pinus silvestris*, береза – *Betula pubescens*), синузиями кустарничков: багульника (*Ledum palustre*), вереска (*Calluna vulgaris*), водяники (*Empetrum nigrum*), брусники (*Vaccinium myrtillus*), а также травянистыми растениями: марьяника лугового (*Melampyrum pratense*), лерхенфельдии извилистой (*Lerchenfeldia flexuosa*), седмичника европейского (*Trientalis europaea*), щавелька (*Rumex acetosella*), овсяницы овечьей (*Festuca ovina*).

Дерново-подбурь, характеризующиеся благоприятными химическими и физико-химическими свойствами и связанными с ними экологическими функциями, способствуют распространению смешанных лесов - сосново-елово-березовых с богатым травянистым покровом из вейника (*Calamagrostis lanceolata*), перловника (*Melica nutans*), хвоща (*Equisetum sylvaticum*) с примесью кислицы (*Oxalis acetosella*), земляники (*Fragaria vesca*), костяники (*Rubus saxatilis*). При смене дерново-подбурь буроземами наблюдается усиление запасающей функции, функции источника элементов питания, сорбционной функции, что приводит к увеличению видового разнообразия травяного яруса смешанных лесов и появлению в нем дубравных элементов: сныти (*Aegopodium podagraria*), звездчатки ланцетной (*Stellaria holostea*), ландыша (*Convallaria majalis*), печеночницы (*Hepatica nobilis*).

В межсезонных понижениях создаются условия для изменения физических свойств и режимов почв, способствующие заболачиванию. Однако выполнение в полном объеме функций, обусловленных химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами, способствуют развитию на дерново-подзолистых глеевых почвах и дерново-элювоземах в естественных условиях ельников зеленомошников и долгомошников, а при осушении и усилении функции трансформации вещества и энергии – богатых разнотравно-злаковых лугов. Наиболее часто встречаются ассоциации васильково-манжетковых, гераниево-манжетковых и смешанноразнотравных лугов. Доминантами являются: манжетка (*Alchemilla vulgaris*), василек фригийский (*Centaurea phrygia*), герань (*Geranium sylvaticum*); в качестве содоминантов выступают многие виды – лютик едкий (*Ranunculus acris*), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*), тысячелистник (*Achillea millefolium*), представители зонтичных: дудник лесной (*Angelica sylvestris*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), бодяк разнолистный (*Cirsium helenioides*). Злаки в травостое играют второстепенную роль, среди них наиболее распространены душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum*), лисохвост (*Alopecurus pratensis*). Бобовые представлены единичными видами клевера (*Trifolium pratense*, *T. medium*), горошков (*Vicia cracca*, *V. sepium*).

На серогумусово-глеевых почвах при усилении болотного процесса распространены заболоченные луга: осоково-щучковые, камышовые (*Scirpus sylvaticus*), сероватоевниковые, влажноразнотравно-хвощовые. Для них характерно хорошо развитое гидрофильно-мезофитное разнотравье: лабазник (*Filipendula ulmaria*), купальница (*Trollius europaeus*), калужница болотная (*Caltha palustris*), сабельник (*Comarum palustre*), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris*), наумбургия кистецветная (*Naumburgia thyrsoiflora*), скерда болотная (*Crepis paludosa*), сердечник луговой (*Cardamine pratensis*), коронария (*Coronaria floscuculi*). Из крупнотравья в небольшом количестве представлены: дудник лесной, бодяки (*Cirsium palustre*, *C. helenioides*), горичник (*Peucedanum palustre*), осока вздутая (*Carex rostrata*), осока пузырчатая (*Carex vesicaria*), осока черная (*Carex nigra*), осока пепельно-серая (*Carex cinerea*).

В почвах межсезонных понижений, ранее окультуренных, проявляется функция «памяти», выражающаяся в хорошо сохранившемся мощном (иногда до 50 см) гумусовом горизонте с ровной границей. Наличие депонирующей функции этих почв, находящихся в залежи уже свыше 60 лет, позволяет наблюдать в растительном покрове присутствие культурных злаков – ежи сборной (*Dactylis glomerata*), тимофеевки (*Phleum pratense*), овсяницы луговой (*Festuca pratensis*), а также клевера гибридного (*Trifolium hybridum*).

В настоящее время на северо-востоке Карельского перешейка ведется активная добыча гранита (плита, щебень) открытым способом, что приводит к отчуждению значительных площадей, изменению почв и их экологических функций, а также почвенного покрова вокруг карьеров и на прилегающей к ним территории.

В результате более чем 30-летней разработки карьера «Гранит-Кузнечное» полностью утрачен почвенно-растительный покров на площади свыше 10 га. Опасное влияние карьера заключается также в появлении больших количеств гранитной пыли, источниками которой служат: взрывные работы, транспортировка щебня, перенос пыли ветром с незакрепленной растительностью поверхности. Почвы, расположенные в непосредственной близости от карьера, испытывают его негативное воздействие. Так, в профиле подбуря иллювиально-гумусового глеевого наблюдаются тенденции к смене горизонта Oh горизонтом Oгг, к относительному уменьшению мощности горизонта ВН и к некоторому увеличению протяженности горизонта ВНФ. Верхние минеральные горизонты становятся более рыхлыми и бесструктурными, менее кислыми, в них снижается содержание гумуса, и увеличивается доля мелкой пыли. Изменяется биологическая активность почвы, наблюдаются

уменьшение общей биомассы микроорганизмов, их целлюлозолитической активности, снижение эмиссии углекислого газа и содержания легкогидролизуемого азота. Изменение свойств почвы, несомненно, скажется на выполнении ею экологических функций. В данном случае, вероятно, произойдет изменение функции трансформации вещества и энергии, наряду с изменением функций, обусловленных химическими и физико-химическими свойствами, что может отразиться на развитии процесса гумификации и альфегумусового процесса в целом. Кроме этого существует опасность нарушения гидросферной функции почвы, обеспечивающей постоянство химического состава поверхностных, внутрипочвенных и грунтовых вод, защищающей водоемы от повышения в них концентрации биофильных элементов, что влечет усиление процесса их эвтрофикации.

Несмотря на значительные территории, подвергающиеся антропогенной нагрузке, почвенный покров сельгового ландшафта северо-востока Карельского перешейка характеризуется относительной стабильностью. Огромную роль в этом процессе играет устойчивость реализации экологических функций всех почв, входящих в его состав. В первую очередь это запасающая, депонирующая, сорбционная и санитарная функции. Выполнение почвами данных экологических функций способствует формированию устойчивости почв и почвенного покрова, сохранению биогеоценоза и ландшафта в целом. Антропогенное изменение свойств почв, как и их полное уничтожение, может привести к утрате главных глобальных почвенных функций – плодородия, сохранения и восстановления биологического разнообразия, защиты литосферы.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

А.С. Фрид

Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва, asfrid@mail.ru

Природоохранные нормативы включают нормативы качества земель и других компонентов окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на них, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование природных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие (ФЗ РФ «Об охране окружающей среды», 2002 г.). Экологическое (природоохранное) нормирование в этой связи – это деятельность, направленная на установление вышеуказанных нормативов.

В настоящей работе речь идёт о почвах, более конкретно – о пахотных почвах.

Чтобы более полно охарактеризовать деятельность, связанную с нормированием, можно указать следующие направления: 1) нормирование терминов; 2) нормирование статистики почвенных показателей для различных приложений; 3) нормирование прикладных оценок статичных значений почвенных показателей, причём чаще всего второе и третье направления оказываются тесно увязанными между собой; 4) нормирование временной динамики почвенных показателей и нормирование оценок такой динамики; 5) нормирование точности определения почвенных показателей. Нормирование оценок временной динамики чаще всего отражается через нормирование допустимых воздействий, вызывающих эту динамику.

Часто наблюдается несогласованность толкования терминов в словарях и других документах, не говоря уж о научных публикациях. Необходимо учитывать вероятностный характер любых нормативов, следующий из-за ошибок измерения показателей, статистического характера связей почвенных показателей с той или иной прикладной оценкой. Получение конкретных нормативов для динамики почвенных показателей вообще невозможно без выбора той или иной динамической математической модели. И если модель выбрана неправильно, то повышается вероятность ошибки в определении норматива.

Одна из важных задач – выявление обеспеченности России нормативами для различных приложений. Для решения этой задачи необходимо выбрать конкретное районирование территории страны, уровень детализации в нём и другие способы дифференциации с учётом природных и административных условий. Нами за основу было взято природно-сельскохозяйственное районирование, причём на данном этапе работы – на уровне природно-сельскохозяйственных провинций.

С нашим участием разработаны и реализованы методические подходы к экологическому нормированию свойств пахотных почв. Сформулированы основные термины, где ключевой – *нормативы изменений свойств почв* – рассматривается в двух смыслах: 1) *допустимые границы изменений* показателей структурно-функциональных свойств почв и почвенного покрова, в пределах которых почва (почвенный покров) либо не меняют своего таксономического положения, либо продуктивность агроэкосистем не становится ниже 20 % от оптимальной, либо загрязнение почвы и сельскохозяйственной продукции не превышает существующих государственных нормативов (ПДК, МДУ и т.п.). Допустимые границы, увязанные с деградационными процессами, могут соответствовать средней степени деградации. *Критические границы изменений* показателей предложены в качестве дополнительных нормативов, при которых деградационные процессы приводят к необратимым изменениям (сильная степень деградации). 2) Прогноз изменений свойств почв при антропогенных воздействиях, дифференцированный не только территориально, но и по временным масштабам результатов воздействия (от краткосрочных до вековых).

Разработка нормативов изменений свойств почв связана с получением и анализом опытных данных, поэтому важно было сформулировать требования к этим процедурам, обеспечивающие получение приемлемых результатов. Например, для разработки моделей прогноза при анализе временных рядов опытных данных важнейшей задачей является отделение тренда от шумовых колебаний показателя, что не всегда оказывается возможным по тем или иным причинам, часто связанным с недостатками в планировании эксперимента.

Коллектив авторов (А.С.Фрид, И.В.Кузнецова, И.Е.Королёва, А.Г.Бондарев, Б.М.Когут, В.Ф.Уткаева, Н.А.Азовцева) обосновал выбор показателей свойств почв для разработки нормативов и дал теоретические и эмпирические предпосылки их оценок. На этой основе разработаны соответствующие нормативы (допустимые границы и прогнозы) для основных пахотных почв ЕТР России (2010 г.).

Нормативы включают таксономические границы пахотных почв, показатели органического вещества, агрохимические и физико-химические показатели, физические показатели, показатели загрязнения почв тяжёлыми металлами. В соответствии со сказанным выше, нормативы дифференцированы по природным зонам и провинциям ЕТР, внутри них – по типам и подтипам почв, гранулометрическому составу.

Таксономические границы пахотных почв на уровне подтипов до сих пор недостаточно систематизированы и часто отрывочны. Для органического вещества почв к настоящему времени имеется довольно стройная концепция границ нормального изменения, и она использована в нашей работе; но надёжных моделей прогноза, обеспеченных экспериментом, для регионов России пока нет. Опыт изучения показателей кислотности и щёлочности почв, агрохимических показателей достаточно велик; тем не менее, имеющиеся экспериментальные результаты нередко довольно противоречивы и не всегда дают возможность получить надёжные нормативы. Нормирование физических свойств почв более или менее успешно получается для почв тяжёлого гранулометрического состава, а для лёгкого – имеются существенные проблемы. Для загрязнения почв, в том числе тяжёлыми металлами, можно говорить о наличии нормативов для страны в целом, основанных на ПДК (ОДК) и границах зон удовлетворительной и чрезвычайной экологической ситуаций. Регионализация нормативов здесь частично имеет место путём учёта гранулометрического состава и кислотности (а в некоторых случаях и типов) почв. О прогнозных моделях здесь можно говорить в отношении подвижных форм, однако надёжной соответствующей информации пока ещё очень мало.

Это – первая разработка такого рода, её методические подходы могут найти применение для других регионов и почв, уточнения уже разработанных нормативов по мере накопления и анализа дополнительной экспериментальной информации. Да и в рамках данной работы осталось достаточно пустых мест из-за недостатка или противоречивости имеющейся информации.

Подобные нормативы вполне можно считать экологическими, так как они показывают границы (условия) нормального функционирования и даже существования пахотных почв. Конечно, они могут быть использованы для мониторинга, включая контроль сельскохозяйственного использования почв.

Длительное применение минеральных и органических удобрений изменяет многие свойства почв, включая и довольно консервативные физические свойства, такие как агрегатный состав, удельную поверхность и некоторые другие. Однако, в зависимости от системы ведения сельскохозяйственного производства, фундаментальных свойств почв, почвенно-климатической зоны эти изменения могут быть весьма разнообразны и значительны, вплоть до изменения фундаментальных свойств, а могут быть и столь незначительны, что в большинстве случаев традиционными методами исследования изменения физических свойств не улавливаются. Это, конечно, не означает, что эти изменения не происходят. Вследствие особенностей физических свойств, их консерватизма, стабильности нередко традиционные методы не улавливают происходящих изменений. И в этом отношении всегда весьма важно обосновать методы, набор свойств, которые в наилучшей степени укажут на происходящие изменения в физическом статусе почв. В связи с этим, целью данной работы было изучение физических свойств дерново-подзолистых почв в длительном агрономическом опыте и чернозема типичного мощного, находящегося в различных условиях землепользования, методами физико-механики. Любые изменения в фундаментальных свойствах, будь то гранулометрический состав, состояние поверхности твердой фазы, изменение емкости катионного обмена и др. будут проявляться в структурной организации почвенных частиц. Основным же свойством почвенной структуры является ее прочность, устойчивость к внешним воздействиям. Измерения прочности почвенных структурных связей могут показать происходящие изменения и дадут возможность количественной оценки структурного состояния почвенных систем.

Объектами исследования служили – дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва и чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Были исследованы образцы дерново-подзолистой почвы, взятые с длительного агрономического опыта МСХА со следующих вариантов: целина, чистый пар, чистый пар + навоз, чистый пар + известь. Образцы чернозема типичного были отобраны на целинном участке Центрально-черноземного заповедника – вариант «степь», на чистом пару – вариант «пар» и в лесном участке – вариант «лес».

Определяли сопротивление сдвигу или пенетрации почвенных паст, приготовленных из растертой и просеянной через сито с отверстиями 1 мм почвы. Определения проводили при двух консистенциях почвенных паст – при влажности предела текучести (контроль балансирным конусом Васильева) и при влажности максимального набухания. Сопротивление пенетрации определяли на пластометре Ребиндера в зависимости от применяемой нагрузки.

На рисунке 1 представлены кривые изменения прочности дерново-подзолистой почвы по мере возрастания нагрузки. Как видим, при влажности предела текучести по мере увеличения нагрузки сопротивление пенетрации довольно резко падает во всех вариантах опыта, достигнув определенной минимальной величины, кривые далее идут либо параллельно оси x , либо немного возрастают. Пределом прочности, вероятно, можно считать наименьшую величину P_m , после которой она меняется незначительно. Для варианта целины она составляет – 0.11 кг/см^2 , для варианта чистый пар – 0.08 кг/см^2 , для варианта чистый пар с известью – 0.07 кг/см^2 , для варианта пар с навозом – 0.05 кг/см^2 . Вариант целины характеризуется наиболее прочными связями по сравнению с остальными, наименее прочные межчастичные связи оказались в варианте пара с навозом. Вероятно, внесение органического вещества обеспечивает более свободное скольжение частиц друг относительно друга. Количество влаги, обеспечивающие состояние предела текучести в данной легкосуглинистой почве, позволяет небольшое проявление эффекта дилатансии – увеличение прочности после разрушения структуры.

При дилатантном упрочнении системы происходит оседание неразмочающихся в данных условиях частиц и они образуют более плотную структуру. Как меру дилатансии (D) можно взять отношение последнего максимального значения прочности к наименьшему. Величина D для целины и пара с известью равна 1, а для чистого пара и пара с навозом она равна 1.5. Т.е. для вариантов чистого пара и пара с навозом характерно оседание частиц уже при влажности предела текучести.

При влажности максимального набухания видна существенная разница в поведении почв – вариант целины оказывает значительно большее сопротивление пенетрации, чем все остальные варианты. Неравномерный ход кривой – падение, возрастание, падение и далее постепенное возрастание сопротивления свидетельствует о последовательном разрушении трех слабосвязанных структур. Возможно, механизм примерно такой: 1-е падение прочности – разрушение агрегированности, при этом происходит образование жёсткой структуры непрочных агрегатов. Разрушение этих агрегатов при росте нагрузки формирует второй пик. Дальше уже происходит дилатантное упрочнение. Все варианты пара при влажности МН ведут себя как коагуляционные структуры низкой прочности, когда прочность достигает минимума, структура разрушается и частицы её образующие, оседают – начинается процесс дилатансии. И вид кривых и подсчитанные величины D показывают большее проявление дилатансии при влажности МН. Так $D_{МН}$ для целины равно 1.3, для чистого пара – 1.9, для пара с навозом – 1.4, для пара с известью – 1.8. При влажности МН меньшую дилатансию проявляют почвы целины и пара с навозом, большую почвы пара с известью и чистого пара.

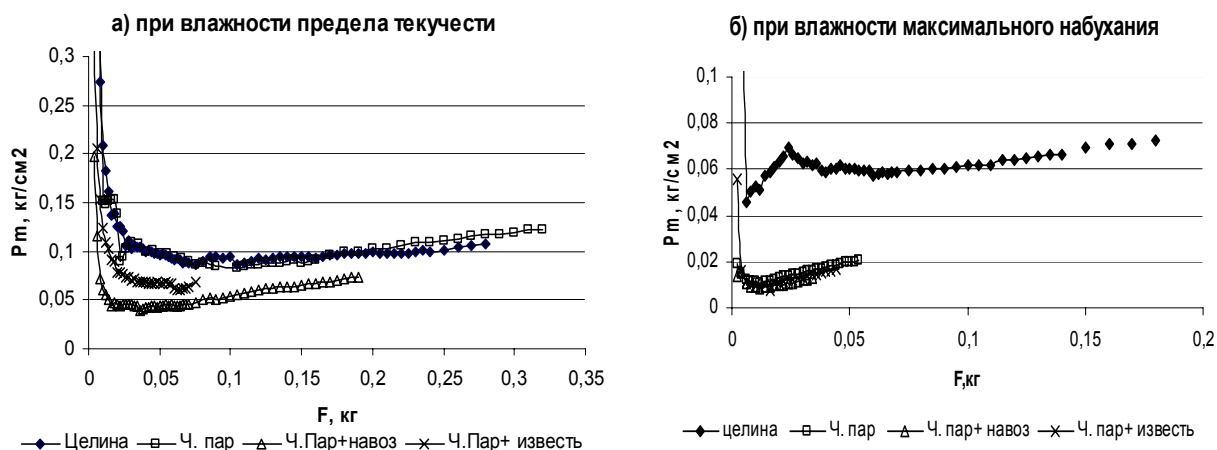


Рисунок 1. Сопротивление пенетрации дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

Таким образом, реологическое поведение дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под увеличивающейся нагрузкой различно в зависимости от условий сельскохозяйственного использования. Наиболее прочными структурными связями обладает почва целины. Распашка без внесения удобрений (чистый пар) приводит к наиболее сильной деградации структуры. Внесение органического удобрения (навоза) в условиях повышенной влажности (МН) удерживает связи между почвенными частицами.

Почвы чернозема типичного, находящиеся в различных условиях землепользования, показали также разное реологическое поведение. На рисунке 2 представлены зависимости сопротивления пенетрации исследованных вариантов чернозема в зависимости от применяемой нагрузки.

При влажности предела текучести прочность структурных связей дерново-подзолистой почвы приблизительно в 3 раза. При влажности максимального набухания структурные связи двух типов почв отличаются незначительно, за исключением варианта лес, который отличается повышенной прочностью. При влажности предела текучести видно четкое распределение исследованных вариантов по прочности – наиболее прочный вариант – степь, далее по убыванию лес, вечный пар, гор.Вса, с-х пашня. Неравномерный ход кривых вариантов степи, леса и пара свидетельствуют о последовательном разрушении и образовании структуры из микроагрегатов.

При влажности максимального набухания кривые сопротивления пенетрации распределились иначе. При высокой влажности наиболее прочным оказался вариант леса, остальные варианты сгруппировались и находятся значительно ниже варианта лес. То, что почва леса оказалась наиболее прочной при сильном увлажнении свидетельствует либо о ее очень хорошей микроагрегированности, или/и повышенной водопрочности. Предполагается, что установленные различия связаны с высокой степенью микро агрегированности мелкозема под лесным участком, которая обусловлена, качественно иным составом органического вещества данного чернозема.

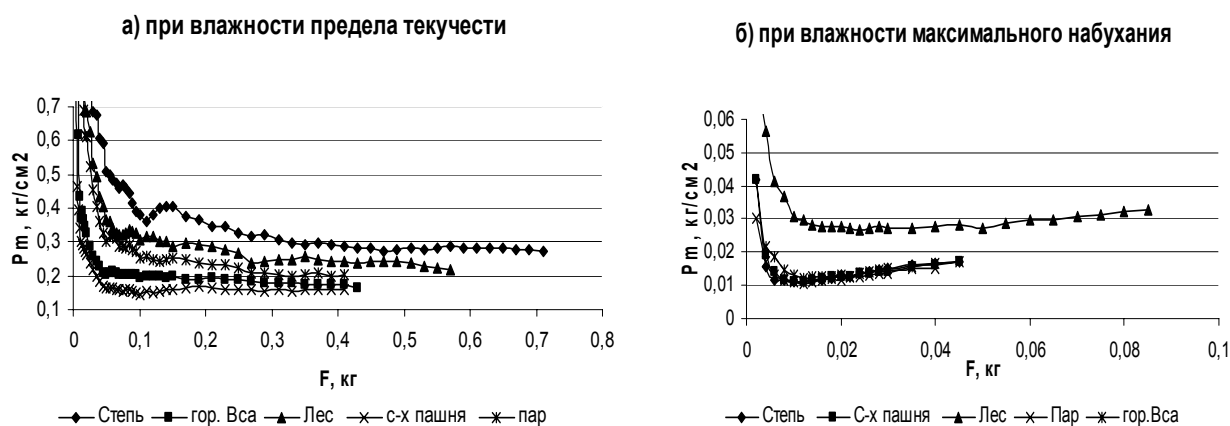


Рисунок 2. Сопротивление пенетрации чернозема типичного тяжелосуглинистого.

При высокой влажности (МН) для всех вариантов кривых можно отметить небольшое упрочнение после достижения минимума. Возможно это тиксотропное упрочнение. После достижения предела прочности система перестает разрушаться, вследствие чего устанавливается некое равновесное состояние. Это дает возможность начаться процессу образования новых связей, которые и дают прирост прочности.

Таким образом, проведенные исследования сопротивления пенетрации показали, что данный подход исследования структурного состояния почв с позиций методов физико-механики, позволяет получить количественную характеристику структурного состояния почв, а также позволяет выявить и оценить, происходящие в почве различные процессы, приводящие либо к деградиационным изменениям состояния почв, либо имеющие восстановительный характер.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОЧЕРНОЗЁМОВ СТАВРОПОЛЬЯ В АГРОЛАНДШАФТЕ НА ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

Н.П. Чижикова¹, С.Н. Шкабарда², Е.И. Годунова²

¹ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

²ГНУ «Ставропольский НИИСХ» РАСХН, г. Михайловск, shkabardas@mail.ru; sniish@mail.ru

Залогом экологической и продовольственной безопасности человечества является нормальное функционирование почв – выполнение почвой экологических и сельскохозяйственных функций. Однако всё возрастающие техногенные нагрузки приводят к развитию деградиационных процессов, нарушению экологических функций почв и, как следствие, росту экологических, экономических и социальных ущербов. Для предотвращения или смягчения возможных неблагоприятных последствий антропогенной деятельности, ведения устойчивого земледелия на адаптивно-ландшафтной основе важным является установление экологически безопасных рубежей агрохозяйства на почву в каждом структурном элементе агроландшафта.

Важнейшей и наиболее широко известной общебиологической и экологической функцией почв является почвенное плодородие. В настоящее время в отечественной и мировой науке накоплен обширный материал по проблеме влияния различных антропогенных воздействий на состояние почв и их плодородие. Однако нет достаточных сведений о последствиях влияния интенсификации сельскохозяйственного использования почв в агроландшафтах юга России на состояние показателей потенциального плодородия, к которым относится и минералогический состав. Именно минералы, их реакция на изменение условий функционирования почв являются индикаторами устойчивости почв к антропогенным нагрузкам. Наиболее чувствительна и информативна тонкодисперсная часть почв.

Цель настоящей работы заключалась в изучении степени изменения минералогического состава илистой фракции (<1 мкм) агрочернозёмов Ставропольского края в зависимости от интенсивности их использования в агроландшафтах на примере экспериментального полигона «Агро-

ландшафт» ГНУ «Ставропольский НИИСХ», основанного в 1996 г. с целью разработки системы рационального землепользования на адаптивно-ландшафтной основе.

Состояние почв – агрочерноземов обыкновенных слабогумусированных легко- и среднесуглинистых – изучалось на трёх подурочищах ландшафта (таксонах полигона), лежащих на одной катене: А₁ – окраине плакора, А₂ – верхней и А₃ – нижней части ЮВ склона, при разной интенсивности их использования. Исследования осуществлялись в восьмипольном полевом севообороте с различными уровнями применения минеральных удобрений: контроль (без удобрений), N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Удобрения применялись ежегодно в течение семи лет с осени 1999 года по осень 2005 года, т.е. за этот период всего было внесено по вариантам опыта N₄₂₀P₄₂₀K₄₂₀ и N₈₄₀P₈₄₀K₈₄₀.

Выделение фракции ила выполнено по методике Н.И. Горбунова (1963). Минералогический состав определен рентгендифрактометрическим методом. Содержание основных минеральных фаз в илстой фракции установлено по методике Бискайя (Biscaye, 1964).

В результате исследований установлено, что почвы разных таксонов в пределах катены имеют неодинаковое содержание илстой фракции. Этот показатель (на контроле) увеличивается вниз по склону от 8.8–21.7 % в профиле агрочерноземов окраины плакора (А₁) до 24.8–31.8 % в почвах нижней части склона (А₃). С глубиной количество илстых частиц постепенно снижается в агрочерноземах всех таксонов. Наиболее равномерно илстая фракция распределена в профиле агрочерноземов верхней части склона (А₂). Систематическое внесение минеральных удобрений привело к увеличению фракции <1 мкм в почвах всех таксонов вследствие пептизации почвенной массы под действием удобрений (табл.).

Таблица. Соотношение основных минеральных фаз фракций ила (<1 мкм), выделенных из агрочерноземов на полигоне «Агрolandшафт».

Глубина, см	Таксон А ₁				Таксон А ₂				Таксон А ₃			
	фракция < 1 мкм, %	содержание минералов, %			фракция < 1 мкм, %	содержание минералов, %			фракция < 1 мкм, %	содержание минералов, %		
		каолинит+хлорит	гидрослюда	смектит		каолинит+хлорит	гидрослюда	смектит		каолинит+хлорит	гидрослюда	смектит
Контроль												
0–10	21.7	11.6	47.6	40.8	18.1	13.7	48.3	38.0	31.8	13.5	47.9	38.6
20–30	16.9	6.5	34.8	58.7	16.9	11.4	44.7	43.9	28.9	20.6	42.8	36.6
30–40	17.2	10.2	34.7	55.1	19.9	11.7	25.0	63.4	не определялось			
40–50	18.1	12.5	41.6	45.9	17.8	8.7	30.9	60.4	25.8	12.2	46.4	41.4
90–100	8.8	15.5	37.3	47.2	16.7	11.6	24.8	63.6	24.8	17.7	27.8	54.5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀												
0–10	16.8	17.1	43.4	39.5	22.8	12.0	44.2	43.7	28.0	16.1	52.3	31.6
20–30	22.9	17.5	40.7	41.8	21.9	12.7	24.0	63.3	27.4	9.4	44.6	46.0
30–40	22.0	11.0	34.9	54.1	20.3	9.3	36.5	54.2	32.9	13.8	41.1	44.1
40–50	20.9	7.9	24.4	67.7	14.9	9.7	39.6	50.9	не определялось			
90–100	17.9	13.3	27.2	59.5	17.8	10.2	32.8	57.1	31.5	7.7	46.4	45.9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀												
0–10	20.7	12.5	42.9	44.6	22.8	10.3	43.3	46.4	30.6	16.3	45.5	38.2
20–30	17.2	15.1	37.0	47.9	24.3	14.7	38.3	47.0	29.0	17.0	43.2	39.8
30–40	19.7	11.7	35.7	52.6	22.2	9.7	40.4	49.9	30.7	14.2	41.3	44.5
40–50	15.7	7.9	25.4	66.7	20.9	13.3	33.3	53.4	29.1	12.9	40.5	46.6
90–100	14.5	12.3	35.9	51.8	19.2	17.6	26.3	56.1	29.7	23.6	22.8	53.6

Минеральные компоненты илстой фракции представлены однотипной парагенетической ассоциацией, характерной для черноземов. В профиле всех исследуемых почв доминируют две фазы – смектитовая и гидрослюдная, сумма которых колеблется в пределах 76.4–93.5 %. Сопровождают эти минералы хлорит и каолинит, присутствует тонкодисперсный кварц. Смектитовая фаза состоит из сложных неупорядоченных смешаннослойных образований слюда-смектитового типа с различным сочетанием слюдистых и смектитовых пакетов. Гидрослюды – дитриоктаэдрического типа, каолинит – несовершенный, хлорит – магнезиально-железистый (рис.).

Профильное распределение смектитовой и гидрослюдной фаз фракции <1 мкм в агрочернозёмах всех таксонов полигона следующее. В верхней части профиля преобладает гидрослюда – 42.9–47.6 % (A₁), 44.2–48.3 % (A₂) и 42.8–52.3 % (A₃), смектитовая фаза занимает подчинённое положение – соответственно 39.5–44.6 %, 38.0–43.9 и 31.6–41.4 %. С глубиной соотношение этих минералов меняется на доминирование смектитовой фазы: 41.8–67.7 % (A₁), 46.4–63.6 % (A₂) и 44.1–54.5 % (A₃). Распределение каолинита и хлорита в пределах профиля всех агрочерноземов довольно равномерное.

На окраине плакора (таксон A₁) в поверхностном слое преобладает гидрослюда (42.9–47.6 %), во всех нижележащих горизонтах большую часть составляет смектитовая фаза. В илистой фракции, выделенной из образца с глубины 90–100 см, фиксируется кальцит, принадлежащий почвообразующей породе – элювии известняка. На данном таксоне в профиле почв удобренных вариантов на глубине 40–50 см отмечается значительное повышение смектитов – на 20.8–21.8 %. Доля каолинита и хлорита колеблется от 7.9 до 17.5 %. Причем в верхних горизонтах агрочерноземов в сумме этих компонентов преобладает каолинит, в нижней части профиля – хлорит.

В верхней части склона (таксон A₂) в почвообразующей породе смектитовая фаза представлена смешаннослойными образованиями двух типов – слюда-смектитами и хлорит-смектитами. В отличие от илистой фракции агрочерноземов, сформировавшихся на плакоре и в нижней части склона, здесь во фракции ила почвообразующей породы смектитовая фаза представлена индивидуальным смектитом (рефлекс в области 8.6 Å) и минералом из группы цеолитов – клиноптиллолитом (9.3 Å). Эти минералы являются индикаторами отложений третичного возраста. В агрочернозёмах контроля вверх по профилю индивидуальный смектит и клиноптиллолит исчезают, что, вероятно, связано со сменой отложений, на которых сформировался профиль (рис.). Необходимо подчеркнуть, что смектитовая фаза в верхних горизонтах существенно разупорядочена по сравнению с нижележащими слоями.

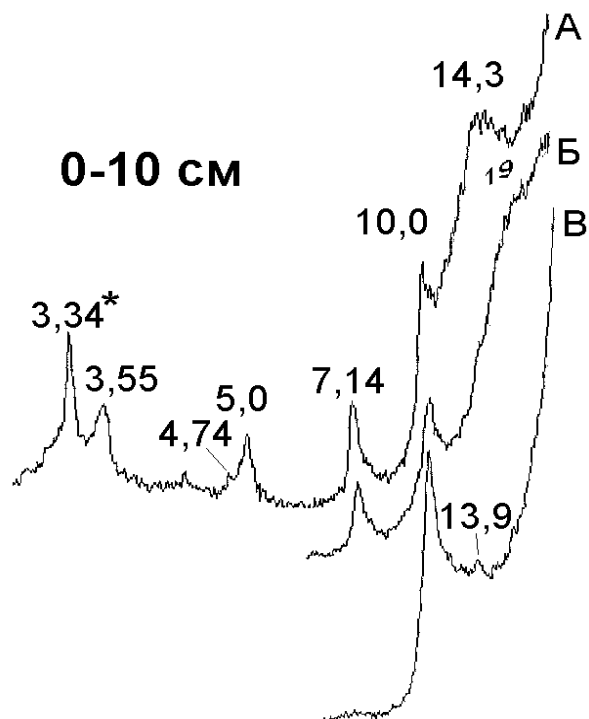


Рисунок. Рентгendifрактограммы фракций менее 1 мкм, выделенных из агрочернозёмов таксона A₂ на контроле.

A – образцы в воздушно-сухом состоянии;
 Б – образцы после насыщения этиленгликолем;
 В – образцы после прокаливания при 550 °С в течение 2 ч;
 * – межплоскостные расстояния, Å.

На таксонах, расположенных на склонах (A₂ и A₃), внесение минеральных удобрений как в оптимальной (N₆₀P₆₀K₆₀), так и повышенной (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) дозах не привело к каким-то заметным изменениям в содержании минералогических компонентов илистой фракции агрочернозёмов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что за исследуемый период времени внесённые минеральные удобрения не оказали существенного влияния на состояние минералогического состава фракции менее 1 мкм: содержание слоистых силикатов мало изменилось. Известно, что устойчивость минералов зависит от свойств среды, свойств минералов и продолжительности воздействия на них. На данном полигоне устойчивость минералов обусловлена изначально высоким (природным) количеством смектитовой фазы и незначительным изменением реакции среды поч-

венного раствора под действием внесенных минеральных удобрений за сравнительно небольшой семилетний период.

Из проведенных исследований по поведению одного из показателей субстантивной основы почв – минералогического состава наиболее чувствительной к антропогенным воздействиям илистой фракции следует, что обустройство территории полигона соответствует принципам оптимизации агроландшафтов. Данный агроландшафт обладает устойчивостью, надёжностью и резервированием надёжности.

УДК 631.4:631.41

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ КАК ФАКТОР СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ БИОСФЕРЫ

С.Н. Чуков

Санкт-Петербургский государственный университет, S_Chukov@mail.ru

Органическое вещество почв – уникальный и крупнейший резервуар органических соединений углерода в биосфере. Значительная часть этого резервуара представлена гуминовыми веществами – уникальным классом высокомолекулярных природных соединений. Уникальность этих веществ состоит, прежде всего, в том, что они являются универсальным аккумулятивным резервуаром органического вещества в биосфере, который в несколько раз превосходит запасы углерода в живом веществе. Недаром основатель учения о биосфере академик В.И.Вернадский в числе сфер Земли наряду с литосферой, педосферой и другими считал необходимым выделение ГУМОСФЕРЫ как области распространения гуминовых веществ, включающей в себя не только почвы, но и осадочные породы, природные воды и другие области их распространения в естественных условиях.

Другим важнейшим параметром системы гуминовых веществ в биосфере является их трофическая функция, которая, находясь в диалектической противоположности с их аккумулятивной функцией, обеспечивает живое вещество элементами минерального питания и энергией. По сути дела равновесие, существующее между живым веществом и гумусом определяет уровень продуктивности биосферы. Однако роль почвенного гумуса в обеспечении продуктивности наземных экосистем далеко не исчерпывается трофической функцией. Во-первых это наглядно доказали многочисленные попытки создания искусственных гидропонных систем, основанных на тщательном соблюдении всех нормативов потребления корневыми системами растений минеральных форм макро и микроэлементов. Оказалось, что искусственные инертные субстраты постепенно через 5–8 поколений становятся токсичными и препятствуют нормальному развитию растений. Во вторых, как показали эксперименты с использованием изотопов азота, даже при полной обеспеченности минеральными формами азота, растения все равно предпочитают органо-минеральные формы азота, поглощая из них до 50% необходимого им количества этого важнейшего элемента.

Ответом на эти парадоксы может быть понимание того, что пул гуминовых веществ помимо аккумулятивно-трофической функции обладает еще и другими важнейшими свойствами, среди которых можно упомянуть физиологическую и биопротекторную активность. Эти свойства, открытые и изученные во второй половине XX века, позволили совершенно по-новому взглянуть на процессы взаимодействия в системе почва-растение. Оказалось, что почвенный гумус не только стимулирует рост и развитие всех без исключения живых компонентов почвенного подземного и надземного «биокозма», но и стимулирует адаптивные реакции растений к преодолению широкого круга стрессов – от климатических до химических. Среди них можно перечислить не только засуху и переувлажнение, но токсическое действие высоких и сверхвысоких доз минеральных удобрений, используемых в современных высокоинтенсивных агротехнологиях, загрязнение почв тяжелыми металлами, пестицидами и другими токсикантами.

Если взглянуть с другой стороны – что же растения дают гумусу – то можно легко заметить, что само начало процесса почвообразования фактически начинается с момента начала аккумуляции гумусовых веществ и формирования гумусового профиля почвы. Таким образом, провидческое предположение В.И. Вернадского «о единстве живого и гумуса» на современном уровне следует понимать намного шире и глубже – как совместную коэволюцию живого и гумуса в рамках современной биосферы. Начавшись сотни тысяч лет назад, этот процесс привел к формированию

уникальной сбалансированной по своей структуре и функциональным взаимосвязям системы, обеспечивающей высокие показатели биологической продуктивности наземных экосистем.

Устойчивость и стабильность любой сложной системы обеспечивает наиболее крупный по запасам вещества и энергии компонент. В данном случае такой компонент – органическое вещество почвы и его наиболее важная составная часть – почвенный гумус, от которого в конечном итоге и зависит сейчас судьба климата планеты и судьба биосферы в целом.

631.12(571.5)

ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А.А. Шпедт

Красноярский государственный аграрный университет, shpedtaleksandr@rambler.ru

Почва очень сложная многокомпонентная, многоаспектная и полифункциональная система. По этой причине важным условием проведения оценки почв является использование автоматизированных информационных систем, позволяющих обрабатывать значительный объем информации за сравнительно короткое время.

Методика оценки почв на природно-хозяйственной основе, с адаптацией, применительно к условиям Красноярского края, подробно изложена ранее [1, 2]. На базе Microsoft Excel была разработана автоматизированная электронная система, позволяющая существенно упростить процесс оценки почв [3]. Используемая в данной работе методика предполагает оценку почвенного гумуса, оценку подвижных элементов питания (NPK), оценку естественной растительной (биологической) массы и поэтому представляется нам достаточно объективной. Такой подход позволяет оценить ресурсный потенциал почв, установить ее продукционную способность.

Методологические основы оценки почв сельскохозяйственных земель на природно-хозяйственной основе были разработаны в Почвенном институте им. В.В. Докучаева [4, 5, 6].

С использованием автоматизированной системы проведен расчет ценности почв сельскохозяйственных угодий АО «Искра» и АО «Локшинское» расположенных в лесостепной зоне и почв ООО «Лазурное» – подтаежной зоны. Все хозяйства находятся в пределах Чулымо-Енисейского природного округа Красноярского края.

Информация необходимая для проведения расчётов получена в ГЦАС «Красноярский» и ФГУ «Красноярский референтный центр Россельхознадзора».

Результаты оценки почв обобщены в ведомостях оценки почв (табл. 1). В АО «Искра» оценка почв была проведена на всей площади (31201 га) занятой сельскохозяйственными угодьями. Объектами оценки стали черноземы выщелоченный, обыкновенный, лугово-черноземные почвы, серые лесные и темно-серые лесные почвы.

Таблица 1. Ведомость оценки почв АО «Искра» (фрагмент)

№ земельного Участка	Индекс почвы	Стоимость, руб/га			Итого, руб/га	Площадь участка, га	Цена участка
		гумуса	NPK	раст. массы			
1	↘Ч ₂ ^{О¹¹} сд	61146.24	54191.59	39867.47	155205.29	29.43	4567691.76
2	↘Ч ₂ ^{О¹¹} сд	60543.75	52986.96	39867.47	153398.18	45.65	7002626.71
3	Ч ₃ ^{В¹} сд▲	81769.39	47822.00	50092.55	174293.41	247.28	43099275.49
4	↓Ч ₂ ^{ОК¹} ск	53514.76	35237.59	40474.58	129226.93	148.33	19168231.02
5	↓Ч ₂ ^{ОК¹} ск▲	55523.04	52692.12	40474.58	144229.05	37.48	5405704.89

Наибольшую ценность имели черноземы выщелоченные, стоимость которых колебалась от 115.0 до 206.4 тыс. рублей за гектар (табл. 2). Стоимость черноземов обыкновенных колебалась несколько ниже, от 114.9 до 193.5 тыс. руб./га. Ценность черноземов в значительной мере была снижена по причине развития эрозионных процессов и наличия щебнистости. Вклад ценности гумуса, ценности NPK и ценности естественной растительной продукции в общую стоимость соотносился как 44:28:28. Данное соотношение показало определяющую роль гумуса при расчете ценности черноземных почв.

Стоимость лугово-черноземных почв различалась мало и колебалась от 159.2 до 175.0 тыс. рублей за гектар. Ценность данных почв ограничивалась развитием солончаковатости.

Серые лесные почвы имели меньшую стоимость. Так, ценность серых лесных почв колебалась от 78.9 до 122.1 тыс. руб./га, а темно-серых лесных – от 103.8 до 160.3 тыс. руб./га, что соответственно в 1.6 и 1.2 раза меньше, по сравнению с черноземами.

По результатам государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий средняя стоимость 1 га сельскохозяйственных угодий в районе, где расположено хозяйство, составляет 20295 рублей [7]. Это очень высокий показатель, если учесть, что в среднем по Красноярскому краю кадастровая стоимость 1 га сельскохозяйственных земель равняется 11022 рублям. Согласно расчету, проведенному на природно-хозяйственной основе, стоимость одного гектара сельскохозяйственных угодий хозяйства составляла 151.6 тыс. рублей, что в 7.5 раз выше официальной кадастровой стоимости. Стоимость всех почв земель сельскохозяйственного назначения АО «Искра» соответствовала 4731.1 млн. рублей.

Таблица 2. Результаты природно-хозяйственной оценки почв по хозяйствам

Хозяйство	Тип почвы	Стоимость, тыс. руб./га	Средняя стоимость 1 га, тыс. руб.
АО «Искра»	Чернозем выщелоченный	115.0–206.4	151.6
	Чернозем обыкновенный	114.9–193.5	
	Лугово-черноземные почвы	159.2–175.0	
	Серые лесные почвы	78.9–122.1	
	Темно-серые лесные почвы	103.0–160.3	
АО «Локшинское»	Чернозем выщелоченный	125.3–187.4	156.0
	Чернозем обыкновенный	122.4–236.0	
	Чернозем оподзоленный	151.6	
	Луговые и Лугово-черноземные почвы	139.7–251.2	
	Серые лесные почвы	86.7	
	Темно-серые лесные почвы	118.3–164.7	
ООО «Лазурное»	Дерново-карбонатные почвы	143.3	56.4
	Дерново-подзолистые почвы	43.5–118.6	

В АО «Локшинское» оценка почв была проведена на 24655 гектарах, что составляет 99.7 % площади всех сельскохозяйственных угодий хозяйства. Объектами оценки стали черноземы оподзоленный, выщелоченный, обыкновенный, лугово-черноземные почвы, луговые почвы, серые и темно-серые лесные почвы, и дерново-карбонатные почвы.

Стоимость черноземов обыкновенных изменялась от 122.4 до 236.0 тыс. руб., а черноземов выщелоченных от 125.3 до 187.4 тыс. рублей за гектар. Ценность оподзоленных черноземов в среднем составляла 151.6 тыс. руб./га. Самую высокую стоимость имели луговые и лугово-черноземные почвы, от 139.7 до 251.2 тыс. руб., а наименьшую серые лесные почвы, всего 86.7 тыс. рублей за гектар. Ценность темно-серых лесных почв изменялась от 118.3 до 164.7 тыс. руб./га. Дерново-карбонатные почвы имели стоимость, близкую к стоимости темно-серых лесных почв, порядка 143.3 тыс. руб. за гектар.

Стоимость одного гектара сельскохозяйственных угодий составляла 156.0 тыс. рублей, что почти в 7.7 раз выше официальной кадастровой стоимости. Стоимость всех почв земель сельскохозяйственного назначения АО «Локшинское» равнялась 3845.0 млн. рублей.

В ООО «Лазурное» оценка почв была проведена на 1927 гектарах – большей части пахотных земель хозяйства. По данным государственной кадастровой оценки кадастровая стоимость 1 га сельскохозяйственных угодий в районе составляет 5478 рублей [7], что является низким значением.

Согласно расчету, проведенному на природно-хозяйственной основе, стоимость одного гектара сельскохозяйственных угодий хозяйства составляла 56.4 тыс. рублей, что в 10 раз выше официальной кадастровой стоимости. Таким образом, ценность почв землепользования в подтайге была почти в три раза ниже, по сравнению с хозяйствами лесостепной зоны. Стоимость 1 га дерново-подзолистых почв изменялась в 2.7 раза, от 43.5 до 118.6 тыс. рублей. Колебание цен обусловлено пестротой плодородия. Стоимость всех оцененных почв сельскохозяйственных земель ООО «Лазурное» составляла 108.6 млн. рублей.

Применение рекомендуемой методики позволяет определять ценность почв земель сельскохозяйственного назначения в долгосрочной перспективе. Адаптация методики, применительно к условиям конкретного региона, учет почвенно-климатических особенностей территории, использование материалов агрохимического обследования, применение автоматизированной электронной системы позволяют проводить глубокую детальную оценку почвенного покрова сельскохозяйственных угодий. Данный подход повышает объективность оценки почвенного покрова, позволяет выявить ресурсный и производственный потенциал почв, оценить их агроэкологическое состояние.

Выводы: 1. Оценка почв сельскохозяйственных земель на природно-хозяйственной основе, с использованием материалов агрохимического обследования, повышает объективность почвооценочных работ, позволяет определять ресурсный, производственный потенциал и агроэкологическое состояние почв; 2. Стоимость почв одного гектара сельскохозяйственных угодий лесостепной зоны составляет 152–156 тыс. рублей. Стоимость черноземов выщелоченных колеблется от 115 до 206 тыс. руб., а черноземов обыкновенных – от 115 до 236 тыс. руб./га; 3. Стоимость почв одного гектара сельскохозяйственных угодий подтаежной зоны составляет 56.4 тыс. рублей, что почти в три раза ниже, по сравнению с почвами угодий лесостепной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпедт, А.А. Современные методические подходы к оценке земель / А.А. Шпедт // Вестник КрасГАУ. – 2003. – №3. – С. 56–65.

2. Шпедт, А.А. Природно-хозяйственная оценка земель сельскохозяйственного назначения: Метод. Указания для лабор.-практ. занятий / А.А. Шпедт, С.В. Александрова / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2004. – 26 с.

3. Шпедт, А.А. Природно-хозяйственная оценка земель сельскохозяйственного назначения / А.А. Шпедт, С.В. Александрова // Вестник КрасГАУ. – 2005. – №7. – С. 149–154.

4. Оценка природно-антропогенных воздействий на стоимость земель сельскохозяйственного назначения: методические указания // Труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М., 2001. – 127 с.

5. Карманов, И.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв / И.И. Карманов, Д.С. Булгаков, Л.А. Карманова, Е.И. Путилин // Почвоведение. – 2002. – №7. – С. 850–857.

6. Карманов, И.И. Опыт разработки методики расчета индексов ценностей земель сельскохозяйственного назначения на почвенно-экологической основе / И.И. Карманов, Д.С. Булгаков // Роль почв в биосфере. – Труды ин-та Почвоведения МГУ-РАН. – Вып. 3. – 2003 – С. 62–96.

7. Постановление №462-п Совета администрации Красноярского края от 30.11.2007 г. «Об утверждении результатов государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения Красноярского края».

УДК 631.452

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

С.В. Шульгина¹, Г.С. Цытрон¹, О.В. Матыченкова¹, Е.В. Горбачева²

¹Республика Беларусь, г. Минск, РУП «Институт почвоведения и агрохимии», soil@tut.by;

²Республика Беларусь, Могилевская область, г. Горки, УО БГСХА

В Республике Беларусь к настоящему времени накоплен огромный объем информации, характеризующий эффективное плодородие почв на разных стадиях социально-экономического развития страны. Систематизация этих сведений и создание информационной системы характеристики почвенного покрова страны дают возможность подойти к наиболее объективной оценке плодородия почв республики через оценку их энергии.

Почва является одним из компонентов биогеоценоза (экосистемы), обладающим, как и всякая термодинамическая система, запасом энергии. Основным энергетическим регулятором почвенных процессов выступает гумус. Органическое вещество почв – основа биологических процессов, регулирующих питание сельскохозяйственных культур, и его содержание заслуживает самого пристального внимания как одного из важнейших свойств, характеризующих плодородие почвы [1].

На основе созданного банка данных почв республики нами проведены расчеты внутренней энергии гумуса автоморфных дерново-подзолистых разной степени окультуренности почв и агро-

зёмов культурных, сформировавшихся на породах разного генезиса песчаного и суглинистого гранулометрического состава (таблица). Для расчета использована формула, предложенная В.А. Ковдой [2].

Результаты показывают, что исследуемые почвы четко различаются по запасам внутренней энергии гумуса в 0–50 см слое.

Так, естественные дерново-подзолистые песчаные почвы в зависимости от генезиса пород по энергетическим запасам гумуса в полуметровом слое можно расположить в следующий ряд: $(0.12 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м² на древнеаллювиальных – $(0.26 \pm 0.09) \cdot 10^5$ ккал/м² на водно-ледниковых – $(0.43 \pm 0.09) \cdot 10^5$ ккал/м² на моренных отложениях.

Энергия гумуса в песчаных почвах слабой степени окультуренности изменяется по сравнению с целинными аналогами по-разному. С одной стороны, влияние генезиса ослабевает и различия в значениях показателя энергии гумуса в зависимости от их происхождения нивелируются и составляют: на древнеаллювиальных песчаных отложениях $(0.24 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м²; водно-ледниковых $(0.25 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м²; моренных $(0.25 \pm 0.03) \cdot 10^5$ ккал/м². С другой стороны, если энергия гумуса в 50 см слое слабоокультуренных почв на древнеаллювиальных отложениях значительно возросла (в 2 раза) по сравнению с почвами на аналогичных отложениях под лесом $(0.12 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м², на водно-ледниковых отложениях сохранилась на уровне целинных почв $(0.26 \pm 0.09) \cdot 10^5$ ккал/м², то на моренных отложениях стала значительно меньше – $(0.25 \pm 0.03) \cdot 10^5$ ккал/м² против $(0.43 \pm 0.09) \cdot 10^5$ ккал/м² в почвах под лесом.

Таблица. Изменение внутренней энергии почвенного гумуса в 0–50 см слое естественных, агродерново-подзолистых почв разной степени окультуренности и агроземов культурных, сформировавшихся на породах различного генезиса и гранулометрического состава.

Генезис пород	Степень окультуренности	Гранулометрический состав	
		пески	суглинки
Моренные	естественные	0.43±0.09	
	слабо	0.25±0.03	
	средне	0.35±0.05	
	хорошо	0.48±0.07	
	агрозем	1.13±0.13	
Лессовидные	естественные	–	0.32±0.07
	слабо	–	0.29±0.07
	средне	–	0.39±0.04
	хорошо	–	0.56±0.04
	агрозем	–	0.91±0.12
Водно-ледниковые	естественные	0.26±0.09	
	слабо	0.25±0.04	
	средне	0.35±0.04	
	хорошо	0.49±0.07	
	агрозем	0.91±0.25	
Древнеаллювиальные	естественные	0.12±0.04	
	слабо	0.24±0.04	
	средне	0.36±0.04	
	хорошо	0.53±0.07	
	агрозем	0.92±0.13	
Всего	естественные	0.26±0.11	0.32±0.07
	слабо	0.24±0.04	0.29±0.07
	средне	0.35±0.04	0.39±0.04
	хорошо	0.49±0.07	0.56±0.04
	агрозем	0.97±0.23	0.91±0.12

Энергия гумуса в агродерново-подзолистых среднеокультуренных почвах на песчаных отложениях возрастает значительно и генезис почвообразующих пород уже не находит особого отражения в этих показателях. В них в 50 см слое энергия гумуса возрастает по сравнению со слабоокультуренными вариантами в 1.5 раза и составляет в среднем $(0.35 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м².

Та же тенденция проявляется и в хорошо окультуренных песчаных почвах и характеризуется значительным ростом (почти в 2 раза) среднего значения энергии гумуса по сравнению с целинными почвами, а в отдельности на древнеаллювиальных отложениях и того больше – в 4.4 раза.

Энергетическая характеристика 0–50 см слоя агродерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных легких суглинках, разной степени окультуренности имеет следующие значения: в слабоокультуренных вариантах – $(0.29 \pm 0.07) \cdot 10^5$ ккал/м², среднеокультуренных – $(0.39 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м², в хорошо окультуренных – $(0.56 \pm 0.04) \cdot 10^5$ ккал/м². Следовательно, хорошо окультуренные суглинистые почвы в полуметровой толще характеризуются более высокой энергией гумуса по сравнению с хорошо окультуренными почвами на песчаных отложениях $(0.49 \pm 0.07) \cdot 10^5$ ккал/м². Однако, если в первых этот параметр выше, чем в соответствующих целинных почвах на 70 %, то в хорошо окультуренных почвах на песках – на 90 %.

Внутренняя энергия гумуса в агроземах культурных различного генезиса почвообразующих пород и гранулометрического состава характеризуется схожими средними величинами и колеблется в пределах $0.91 \cdot 10^5$ – $0.97 \cdot 10^5$ ккал/м².

То есть по мере роста степени окультуренности почв величины внутренней энергии гумуса автоморфных агродерново-подзолистых почв независимо от генезиса почвообразующих пород и их гранулометрического состава сближаются, а в агроземах культурных практически выравниваются. Поэтому, вероятно, можно сделать заключение, что потенциальное плодородие автоморфных дерново-подзолистых почв Беларуси в меньшей мере определяется гранулометрическим составом, как это считалось ранее.

Это заключение подтверждается и данными урожайности зерновых культур, как в производственных посевах, так и в вегетационных опытах (рисунки).

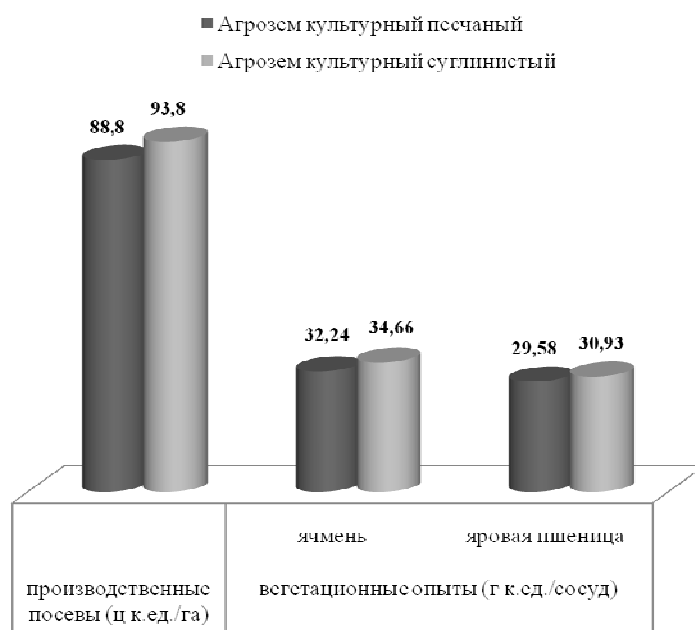


Рисунок. Средняя урожайность зерновых культур агроземов культурных различного гранулометрического состава (за 2008–2010 годы).

Таким образом, величина внутренней энергии гумуса может быть использована в качестве одного из главных критериев для оценки эффективного плодородия почв.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
- Ковда В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – кн. 1. – 446 с.

ПОЧВА В ОЦЕНКЕ БИОСФЕРНОЙ РОЛИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ

Д.Г. Щепашенко^{1,2}, А.З. Швиденко^{1,3}, Л.В. Мухортова³, М.В. Щепашенко⁴¹ International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, schepd@iiasa.ac.at² Московский государственный университет леса, Мытищи Московской области³ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, biosoil@ksc.krasn.ru⁴ Всероссийский Институт Повышения Квалификации Лесного Хозяйства, Пушкино Московской области, mariaschep@gmail.com

Обширные территории Северной Евразии аккумулировали на протяжении веков огромное количество почвенного углерода. В почвенном покрове России сосредоточена почти пятая часть мировых запасов почвенного углерода (Заварзин, Кудеяров, 2006). Время его нахождения в почве составляет от года до десятков лет (для растительных остатков) и от сотен до тысяч лет (для гумуса почвы). Неопределённость поведения почвенного углерода в контексте климатических изменений вызывает озабоченность. Повышение температуры при достаточном увлажнении увеличивает поток почвенного дыхания, существенно изменяя углеродный бюджет экосистем.

Задачей данного исследования было вычисление количества органического углерода, аккумулированного почвами Российской Федерации, оценка гетеротрофного почвенного дыхания и анализ пространственного распределения этих показателей на территории страны. В настоящее время имеется целый ряд оценок запасов почвенного углерода для всей территории России или отдельных земельных классов (Орлов и др., 1996; Rozhkov и др., 1996; Alexeyev, Birdsey, 1998; Nilsson и др., 2000; Stolbovoi, 2002; Честных и др., 2004; и др.). Гетеротрофное дыхание также было представлено в некоторых публикациях (Курганова, 2002, 2010; Stolbovoy, 2003; Кудеяров, Курганова, 2005 и др.). Мы не ставили перед собой задачу получить принципиально новую статическую оценку. Нашей целью было создание системы, позволяющей получить детальное пространственное распределение этих показателей в связи с климатом, растительностью и землепользованием в меняющемся мире. Данный метод призван объединить преимущества методов, использованных в указанных выше публикациях, с обновлённой информацией о почвах и растительности. Созданная система должна быть способна производить пространственно распределённые оценки по мере получения новых сведений о почве, растительности, климате, нарушениях в автоматическом режиме. Она должна объединить всё имеющееся разнообразие эмпирических данных об объекте исследований (карты, описания почвенных профилей, результаты прямых измерений и анализа почв, данные дистанционного зондирования) в единую систему.

За основу нами была принята почвенная карта РСФСР 1:2.5 М (Фридланд, 1988), оцифрованная в Почвенном институте им. В.В. Докучаева. Источником информации о земельном покрове и землепользовании послужила гибридная карта земельного покрова России с разрешением в 1 км² (Schepaschenko et al., 2010). Кроме того, мы собрали базу данных полевых измерений почвенных показателей углеродного бюджета. База включает около 3 тыс. (600 для России) серий измерений почвенного дыхания, более 1 тыс. определений запасов углерода в почвах. Она позволила нам составить обновлённую характеристику типичных почвенных профилей к почвенной карте, учесть региональные и климатические особенности, влияние растительности, землепользования и нарушений.

Полученные оценки запасов углерода и почвенного дыхания представлены в виде карт России с разрешением в 1 км². Общие запасы органического углерода подстилки и 1 м слоя почвы оценены в 323 Пг С (в том числе 16 Пг С в подстилке). Это соответствует среднему содержанию 19.5 кг С м⁻¹ (0.94 кг С м⁻¹ в подстилке). Лесные почвы содержат в среднем меньше углерода (18.2 кг С м⁻¹), но выше запасы подстилки (1.13 кг С м⁻¹).

Нами построена модель гетеротрофного дыхания в зависимости от типа почв, климатических параметров (среднегодовая температура, сумма активных температур, осадки, продолжительность безморозного периода, индекс увлажнения), типа растительности и нарушений. Она позволяет получать пространственно распределённую оценку почвенного дыхания, как для средних многолетних условий, так и для погодных условий конкретного года. Кроме того, она может быть использована для прогноза почвенного дыхания в меняющемся климате и при различных вариантах динамики растительного покрова. Общее гетеротрофное почвенное дыхание для средних многолетних условий оценено в 3.468 Пг С год⁻¹, 51 % этого количества производят лесные почвы.

Таблица 1. Распределение среднего содержания органического углерода в почве (подстилка+1 м почвы) по зонам природы и категориям земель

Зона	Среднее содержание почвенного углерода, кг С м ⁻² по категориям земель									Всего
	не прод.	лес	редины	гари	пах.	сенок., пастб.	залежи	болота	травы, кустар.	
Арктика	0.2								6.5	0.6
Тундра	2.0	20.3	24.4	13.8	0.0	11.9	6.7	40.0	14.0	17.8
РТ & СТ	5.2	21.6	26.4	11.2	9.8	12.2	10.9	43.5	14.5	24.6
Ср Т	2.8	16.0	15.2	15.4	19.0	11.8	15.0	45.0	14.6	17.4
Юж Т	4.4	21.1	17.0	26.7	13.6	12.9	12.1	63.6	22.1	22.7
См Л	6.5	17.1	20.4	25.0	20.1	17.3	18.9	36.5	21.1	18.7
Степь	6.3	23.7	27.5	24.6	24.3	20.7	24.2	19.8	21.5	22.9
ПП	1.8	17.4	19.2	12.3	13.3	9.0	10.2	12.1	8.3	9.4
Всего	1.8	18.2	20.3	15.1	22.3	16.3	17.6	44.2	14.7	19.5

Зоны: РТ & СТ – редкостойная и северная тайга; Ср Т – средняя тайга; Юж Т – южная тайга; Ум Л – умеренные леса; ПП – полупустыни и пустыни. Категории земель: «не прод» – не продуктивные земли, лишённые растительности; «пах.» – пахотные земли; «сенок., пастб.» – сенокосы и пастбища; «травы, кустар.» – естественные травы и кустарниковые заросли.

Таблица 2. Распределение средних величин интенсивности гетеротрофного почвенного дыхания по зонам природы и категориям земель

Зона	Гетеротрофное дыхание, г С м ⁻² год ⁻¹ по категориям земель								Всего
	лес	редины	гари	пах.	сенок., пастб.	залежи	болота	травы, кустар.	
Арктика								54	54
Тундра	155	99	95	128	186	112	101	109	99
РТ & СТ	151	115	106	182	255	244	187	157	153
Ср Т	192	124	172	323	307	350	259	264	204
Юж Т	288	317	390	351	370	347	398	481	315
См Л	365	337	297	293	361	368	493	455	358
Степь	323	428	380	377	331	350	641	537	373
ПП	313	382	241	232	223	243	390	261	238
Всего	210	136	164	360	317	348	220	194	215

Дополнительная информация может быть найдена по следующему адресу: <http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/hlc/>.

УДК 631.4

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.С. Яковлев¹, Е.И. Ковалева², С.А. Яковлев²

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, yakovlev_a_s@mail.ru

²АНО «Экотерра», Москва, katekov@mail.ru

Пойменные территории представляют собой динамичные, переходные пространства между различными средами «вода – суша». На поймах происходит тесное взаимодействие всех основных компонентов природной среды, результаты и размеры которых часто не поддаются визуальному наблюдению и измерению. Пойменные территории являются не только объектами землепользования, они выступают важным звеном руслового процесса и гидрологического режима водных объектов. Почвы пойменных территорий выполняют функцию регуляторов режима стока. Поэтому, пойменные почвы нужно рассматривать как гетерономное явление. С одной стороны, формирование и особенности почв поймы во многом определяются режимом водного объекта. С другой стороны, на процесс формирования пойменных почв оказывает влияние поступление веществ, в том числе загрязняющих, с водоразделов с поверхностным, внутрипочвенным стоками, аллювиальными потоками. Пойменными почвами происходит поглощение взвешенных и растворенных веществ, поступающих с водосборных территорий, их трансформация. Экологическое назначение пойменных почв заключается в выполнении ими водоохраных функций. Пойменные почвы представляют

зону перехвата поверхностных и подземных вод с водосборных территорий; являются мембраной, защитным барьером водных объектов от вредного воздействия внешней среды, как естественного, так и антропогенного характера; зоной трансформации поступающих веществ.

Увеличивающиеся антропогенные нагрузки на пойменные территории могут привести к изменению функционирования почв, в результате чего они не смогут выполнять какие-либо из своих экологических функций. Поскольку пойменные почвы связаны с водными объектами прямыми и обратными связями, то при нарушении экологических функций пойменные почвы перестают выполнять барьерные функции, поскольку могут стать источником вторичного загрязнения водных объектов. Поэтому очень важным является разработка нормативно-правового регулирования охраны и использования пойменных почв, направленного на создание благоприятных экологических условий. До 2006 года пойменные территории попадали в границы водоохраных зон (ВОЗ), входящих в состав земель природоохранного значения, для которых устанавливался особый режим использования. Размеры ВОЗ, а также их режим, определялись исходя из физико-географических, почвенных, гидрологических условий с учетом прогноза изменения береговой линии водных объектов и утверждались уполномоченными органами исполнительной власти. Водный кодекс (ВК) 2006 года изменил ранее существовавшую процедуру. Статья 65 ВК предполагает выделение ВОЗ, однако в ней не предусмотрен механизм их проектирования: ширина ВОЗ сокращена, сделана фиксированной по всей длине водотока (от 50 до 200 м). Такой же механизм выделения ВОЗ установлен для озер и водохранилищ. Сокращён перечень запретов на виды хозяйственной деятельности в границах ВОЗ. Действующая редакция Земельного кодекса исключила ВОЗ из состава земель природоохранного значения. ВОЗ не вошли в состав земель водного фонда, для которых предусмотрены существенные ограничения в использовании. ВОЗ и пойменные территории могут относиться к любой другой категории земель. Территории с плодородными пойменными почвами могут предоставляться в частную собственность, в т.ч. под строительство объектов. Таким образом, ВОЗ утрачивают свою водоохранную значимость и только формально могут рассматриваться как инструмент охраны и восстановления почв пойменных территорий и сопряженных с ними водных объектов. Вопрос охраны пойменных почв и сопряженных с ними водных объектов требует решения в связи с изменением ряда требований нормативных правовых документов в части их охраны и использования.

УДК 631.10

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ГАЗОНОВ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА НА ПРИМЕРЕ ВАСИЛЬЕВСКОГО ОСТРОВА

П.В. Ярошевский, Б.Ф. Апарин

Санкт-Петербургский государственный университет.

Растительность газонов города выполняет разнообразные экологические функции обеспечивающие качество жизни населения. Для исследования свойств почв газонов различного состояния на территории Васильевского острова (В.О.) было выбрано 6 типичных участков, различающихся по характеру антропогенного воздействия (вытаптывание, расположение относительно дорог) и по плотности проективного покрытия травянистой растительности – как интегральному индикатору свойств почвы.

- Сквер напротив бассейна ВМФ (точки 1–10 недавно образованная тропинка, т.11–23 газон с высоким проективным покрытием).
- Сад «Василеостровец» (т. 24 газон с низким проективным покрытием на каменистой почве, т. 25–28 газон со средним проективным покрытием, т. 29–31 практически полное отсутствие травянистой растительности под кленами).
- Румянцевский сад (т. 32–34 газон со средним проективным покрытием, т. 35–37 газон с высоким проективным покрытием).
- Газон вдоль набережной р. Невы (т. 50 – возле дороги покрытие низкое, т. 51 – вдали от дороги покрытие высокое)
- Стрелка В.О. (т. 52–54 газон напротив входа в Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, покрытие высокое, т. 55 газон рядом с музеем, с контрастным высоким покрытием, т. 56 газон рядом с музеем с контрастным низким покрытием,)
- Привозная земля, используемая в качестве подсыпки для газонов (образец №57).

Опорный разрез был заложен в сквере напротив бассейна ВМФ (образцы № 11–23). Согласно полевому определителю почв России (2008) данное техногенное поверхностное образование относится к группе квазиземов, подгруппе урбиквазиземов. В верхней части профиля наблюдается обилие корней и червей. Количество гумуса постепенно уменьшается вниз по профилю. Вниз по профилю также постепенно увеличивается содержание белесого материала, вскипающего от HCl (предположительно известь). На протяжении всего профиля встречаются обломки кирпичей, гранита, стекла. В самом низу профиля встречаются единичные включения шлака от сварки.

Плотности почв газонов зависят от антропогенной нагрузки. Почва сквера напротив бассейна ВМФ – слабо уплотнена. Почва на вновь образованной тропинке средне уплотнена. Почвы сада «Василеостровец» слабо и средне уплотнены (образец под номером 24 переуплотнен, на значение плотности почвы этого образца также повлияло избыточное содержание камней, обломков гранита). Почвы Румянцевского сада слабо и средне уплотнены. Почва на стрелке В.О. напротив входа в музей почвоведения слабо уплотнена. Вниз по профилю плотность закономерно уменьшается.

Почвы газонов объектов исследования, за исключением образца №35 (Румянцевский сад), имеют связно-песчаный гранулометрический состав. Почва образца № 35 супесчаная. Содержание скелета варьирует в широких пределах, как по глубине профиля, так и в пространстве, что характерно для антропогенно-нарушенных почв. Среди скелета в основном попадают обломки кирпича, гранита, осколки стекла, обрезки проводов, кусочки металла, изредка шлак от сварки.

Анализ актуальной кислотности почв выявил, что почвы сквера напротив бассейна ВМФ слабокислые, нейтральные. С глубиной, благодаря обилию строительной извести, кислотность понижается. Почвы сада «Василеостровец» нейтральные (в образце № 24 — слабощелочная). Почвы Румянцевского сада слабощелочные. Почвы газона вдоль набережной р. Невы: слабощелочные возле полотна дороги и нейтральные вдали от него. Почвы стрелки Васильевского острова слабощелочные. Привозная земля, используемая в качестве подсыпки также щелочная.

Содержание углерода органических соединений (по Тюрину) постепенно понижается вниз по профилю (от 4.03 % на глубине 0–7 см до 1.72 % на глубине 90–100 см в опорном разрезе). Превышение содержания углерода в городских почвах по сравнению с природными почвами данной зоны, вероятно, обусловлено плохой аэрацией почв (вследствие достаточно высокой плотности), а, следовательно, низкой интенсивностью минерализации органического вещества, внесением органических удобрений. Содержание углерода в разных точках варьирует в довольно узком интервале 3–4 %. Низкое содержание углерода органических соединений в почве сада «Василеостровец» (1.28 %, образец № 24) объясняется очень большим содержанием каменистой фракции и низким содержанием мелкозема. Большое содержание углерода органических соединений в привозной земле (9.07 %, образец № 57) обусловлено содержанием торфа в ней.

Ферментативная активность почв была оценена по активности фермента инвертазы, которая является наиболее динамичным показателем антропогенной нагрузки на почву. Низкая ферментативная активность газонов (6.60–12.13 мг/1 г сутки) обусловлена регулярным привносом загрязнителей, высоким содержанием строительного мусора. Однако, очень низкая активность инвертазы наблюдается и в привозной земле – 2.64 мг/1 г сутки (образец № 57). Для почв урболандшатов характерна достаточно низкая ферментативная активность при высокой численности микроорганизмов, что может свидетельствовать о перестройке метаболических путей микроорганизмов под влиянием антропогенных факторов (Илюшкина 2008).

Анализ травянистого покрова выявил достаточно большое разнообразие сорной растительности в большинстве газонов:

- *Trifolium repens* (Клевер ползучий (белый))
- *Elytrigia repens* (Пырей ползучий)
- *Taraxacum officinale* (Одуванчик обыкновенный)
- *Plantago major* (Подорожник большой)
- *Potentilla anserina* (Лапчатка гусиная)
- *Matricaria perforata* (Ромашка непахучая)
- *Glechoma hederacea* (Будра плющевидная)
- *Achillea millefolium* (Тысячелистник обыкновенный)

Лучшие газоны, т.е. газоны с максимальным проективным покрытием (точек 11, 35, 51, 52, 55) представлены в основном:

- в сквере напротив ВМФ и газоне напротив входа в музей почвоведения – *Poa pratensis* (Мятлик луговой).
- на газоне набережной р. Невы и в Румянцевском саду – *Festuca pratensis* (Овсяница луговая).
- на стрелке В.О. (газон с контрастным высоким покрытием) – *Festuca rubra* (Овсяница красная).

Проведенные исследования показали, что газоны Васильевского острова представлены связно-песчаными, нейтральными, слабощелочными, слабо и средне уплотненными почвами, с низкой ферментативной активностью. Вниз по профилю постепенно уменьшается содержание углерода органических соединений, повышается щелочность. Содержание скелетной части варьирует в широких пределах, как в пространстве, так и вниз по профилю. Почвообразующая порода содержит в себе большое количество строительного мусора. Негативное влияние на развитие травянистой растительности оказывает дорожно-транспортная сеть и избыточное уплотнение.

УДК 631.4; 574; 631.6

ЗОНА АЭРАЦИИ – ПРИРОДНЫЙ ОБЪЕКТ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДЕМПФЕР

В.М. Яшин

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии), Москва, vniigimjashin@mail.ru

В докладе рассматриваются предложения автора о выделении из значительного многообразия природных процессов и объектов на Земле, объектов с комплексом свойств, характеризующих их как экологические демпферы. *Экологические демпферы* это природные или антропогенно-природные образования, имеющие дополнительное сопротивление потоку и высокое значение ассимиляционной емкости, позволяющие сглаживать (гасить) результаты интенсивных изменений процессов переноса водных масс, происходящих на верхней границе. Экологические демпферы встречаются на различных иерархических уровнях геоструктурных элементов географической оболочки Земли. В качестве примеров экологических демпферов глобального уровня можно рассматривать: на суше – зону аэрации оболочки Земли, лесной покров планеты и болотные массивы; в пределах водной оболочки – коралловые рифы.

Зона аэрации является одним из структурных элементов ландшафтов, интенсивно вовлекаемых в сферу антропогенных воздействий. В то же время она является самостоятельным природным объектом, имеющим четкие границы в пространстве. Наиболее общее определение дается в словаре по гидрогеологии инженерной геологии (Словарь..., 1971), согласно которому «зона аэрации – самая верхняя зона земной оболочки между дневной поверхностью и зеркалом грунтовых вод».

Строение зоны аэрации характеризуется неоднородностью по разрезу. В верхней её части располагается почвенный слой или почвенный горизонт (мощностью от 0.2–0.3 м до 1.5–2.5 м), характеризующийся наличием биологической компоненты и органических веществ. Ниже залегают породы зоны аэрации или «материнские» породы по терминологии почвоведов. В зависимости от генезиса они могут быть представлены различными литологическими разностями в широком спектре от валунно-галечниковых отложений (террасы горных рек) до ленточных глин.

Атрибутивным свойством зоны аэрации является постоянное наличие трёхфазной системы – твёрдые частицы, поровая влага и поровой воздух. В зоне аэрации может быть распространена парообразная, гигроскопическая, плёночная, капиллярная и гравитационная влага. В нижней части зоны аэрации от грунтовых вод вверх формируется область капиллярной каймы, высота которой определяется структурой порового пространства отложений. В песках высота капиллярного поднятия составляет 0.4–0.5 м, а в суглинках достигает 2–2.5 и более метров.

Динамика влажности почв или пород зоны аэрации в верхней её части характеризуется сезонностью водопоступления (атмосферных осадки, поливы) на поверхность почвы и определяется величиной испарения и эвапотранспирации. Эту область называют областью активного влагооборота. Её наличие обусловлено деятельностью биологической компоненты в рамках биологического

круговорота веществ. При значительной мощности зоны аэрации по характеру сезонного режима влажности ниже зоны активного водообмена располагается транзитная зона, в которой поток влаги определяется градиентом потенциала.

Зона аэрации, занимая географическое (пространственное) положение между дневной поверхностью Земли и грунтовыми водами, участвует в выполнении многих ландшафтных функций, но основными являются: почвообразующая, биоресурсная, регулирующая, селитебная, санитарно-гигиеническая, информационная и культуроформирующая, а также как арена добычи полезных ископаемых. Ландшафтные функции приняты по А.В.Дроздову, Н.А. Алексеенко (А.В.Дроздову, Н.А. Алексеенко, 2006).

Анализ экологических функций природных объектов различных иерархических уровней – литосферы (по В.Г. Трофимову и др., 2000) и экологических функций почв (по Г.В. Добровольскому, Е.Д. Никитину, 2000), позволил выделить следующие экологические функции зоны аэрации как природного объекта.

1. Зона аэрации – среда для развития почвообразовательных процессов, функционирования почв и процессов трансформирования вод из поверхностных в подземные.
2. Биопродукционная и биотопическая функции и среда, где осуществляются биологический круговорот и связь между биологическим и геологическим кругооборотами.
3. Регулирующая и защитная функции зоны аэрации, как экологического демпфера.
4. Зона аэрации – среда для строительства и добычи полезных ископаемых.
5. Эколого-социальные функции, формирующие уклад жизни и культуру этносов.

Рассмотрим подробнее регулирующие и защитные функции зоны аэрации. Предлагается зону аэрации рассматривать в качестве природного объекта – экологического демпфера. В технике демпфер – это устройство, снижающее амплитуды колебаний в системе «вход-выход». Демпфирующие функции зоны аэрации обусловлены резким снижением скоростей потоков влаги на её верхней границе и приповерхностном слое за счет сопротивления фильтрующей среды и ассимиляционной емкости, приводящих к рассеиванию потока и потере энергии. На рисунке приведены данные по скоростям переноса влаги в различных природных объектах – атмосфере, в поверхностном стоке, реках и подземных водах (Leman, 1979). Эти данные дополнены автором по зоне аэрации (В.М. Яшин, 2007). Приведенные материалы показывают замедление потоков влаги после поступления ее в зону аэрации.

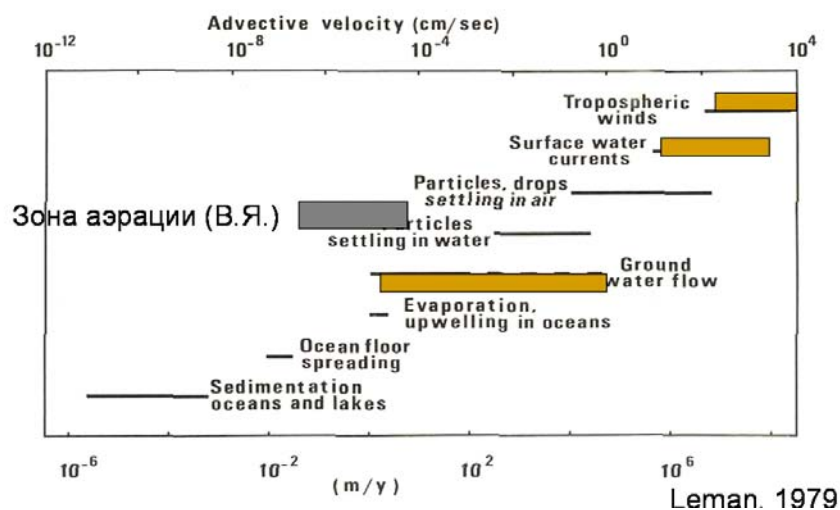


Рисунок. Распределение скоростей потоков влаги и частиц в компонентах природной среды

Многочисленные данные наблюдений за режимом влажности в зоне аэрации показывают, что амплитуды сезонных колебаний закономерно уменьшаются от приповерхностного слоя почвы до глубины 1.5–2.5 м (в зависимости от водопроницаемости), а ниже сезонные колебания влагосодержания минимальны или приближаются к нулю, что подтверждает демпфирующую роль зоны аэрации в формировании водного режима.

Демпфирующее влияние зоны аэрации на режим грунтовых вод подтверждается анализом формирования инфильтрационного питания грунтовых вод в зависимости от глубины их уровня (А.В. Лебедев, 1980), где показано, что величина коэффициента инфильтрационного питания грун-

товых закономерно уменьшается с увеличением глубины, а ниже 3.5–4.0 м остается практически постоянной.

Представленные предложения позволяют расширить представления о зоне аэрации, выделить мелиоративные задачи, состоящие в усилении демпфирующих свойств (ассимиляционной емкости) зоны аэрации и разработке технологий использования регулирующих свойств зоны аэрации.

УДК 631.472.56: 504.53+504.7

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ГЛЕЕ– И ПОДЗОЛООБРАЗОВАНИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ ПОЧВ ТАЙГИ

И.М. Яшин

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, imja2005@mail.ru

В докладе излагается сравнительная оценка процессов глее – и подзолообразования и уровни их организации в почвах таёжных экосистем. При этом почва рассматривается нами, с одной стороны, как «самостоятельное природно-историческое тело» (по В.В. Докучаеву, 1892), а с другой – как незаменимый компонент и продукт реальной экосистемы. Подобный дуализм позволяет, на наш взгляд, вскрыть имеющиеся противоречия, полнее обосновать фациальные экологические функции почвы (Г.В. Добровольский и Е.Д. Никитин, 1990) и развивать новые направления – экологическое почвоведение (Л.О. Карпачевский, 2005) и экогеохимию ландшафтов (Н.С. Касимов с соавт., 1996; В.А. Алексеенко, 2000; И.М. Яшин и Л.О. Карпачевский, 2010). Актуальность данной проблемы важна и для нативных почв тайги, и для аграрных аналогов. Технологии освоения и окультуривания лесных подзолистых почв, использование средств мелиорации и химизации опираются на информацию о функциях почв и процессах глее – и подзолообразования. *Это же относится и к оценке стоимости почв.* Выращивание сельскохозяйственных культур в таёжных экосистемах происходит в условиях *активных экологических рисков* – при длительном переохлаждении и промывном водном режиме почв, выщелачивании мобильных элементов из почвы, ярко выраженном дефиците доступных форм азота, фосфора, кальция, а также микроэлементов, повышенной кислотности почв и низкой их биологической активности. К указанным почвенным и ландшафтными рискам уже давно добавились и другие – это *риски антропогенного характера* – газообразные, жидкие и твёрдые химические вещества, чуждые биосфере Земли и биогеохимическим круговоротам химических элементов. Причём ключевым звеном при трансформации экотоксикантов в ландшафтах являются почвы. В почвах тайги, в частности, происходит радикальное изменение инертных форм мигрантов-экотоксикантов в мобильные, в том числе и органоминеральные соединения, интенсивно включающиеся в потоки миграции и аккумулируемые на почвенно-геохимических барьерах [1, 5, 9], например, весной после таяния снега. В этой связи исследование процессов глее – и подзолообразования и их взаимосвязи с функциями почв таёжных экосистем является одной из задач, связанных с оценкой качества и экологической безопасности жизни людей и биоты.

Чтобы уточнить указанные взаимосвязи предлагается дополнить известную триаду И.П. Герасимова факторы – процессы – свойства почвы новым компонентом – «функции почвы». В экосистемах тайги функции почв тесно связаны с водорастворимыми органическими веществами (ВОВ), содержащими в своём составе разнообразные органические кислоты и мобильные органоминеральные соединения. ВОВ присущи уникальные функции, например, аллелопатическая, кислотная, комплексообразующая, миграционная, окислительно-восстановительная, биохимическая, транслокационная [8, 10, 11]. С помощью ВОВ таёжная биота эффективно адаптируется к гумидным условиям существования, а биогенное кислотообразование и миграция веществ служат индикаторами функционирования таёжных экосистем (табл.). ВОВ являются диссипативными структурами. Сложные гуминоподобные соединения (ГС) в подзолистых почвах тайги не формируются вследствие кислотного гидролиза и отсутствия образца таких структур. ГС – артефакт, или реликт прошлых эпох? Такие сведения были получены нами в опытах (Архангельская область Вилегодский стационар) по трансформации растительных остатков, тотально меченных радиоактивным изотопом ^{14}C . Установлен баланс ВОВ, а одной из основных его статей в почвах подзолистого типа является биodeградация ВОВ. В пахотной почве автономного ландшафта эта величина достигает максимальных значений 83.0 ± 4.1 % общей массы $\text{C}_{\text{орг}}$ ВОВ, а в лесных автономной и полугидроморфной соответственно 70.4 ± 4.6 и 32.4 ± 2.5 %.

Таблица. Сравнительная оценка процессов глее- и подзолообразования и их взаимосвязь с фаціальными функциями почв таежных ландшафтов европейской России

Основные функции почв и процессы	Характеристика нативных процессов почвообразования	
	Подзолообразование	Глееобразование
1	2	3
Почвы лесных (таежных) ландшафтов		
I. <i>Биогеохимические функции</i> , связанные с миграцией и трансформацией веществ в экосистемах тайги: а) <i>биогенная миграция</i> , б) <i>абиогенная миграция</i> .	а) Таежные экосистемы (высшие растения, мхи, лишайники, микрофлора-грибы (и их продукты) б) Вода как фактор перераспределения веществ в профиле почвы, ландшафте.	а) Анаэробные микроорганизмы (и продукты их жизнедеятельности), б) Вода как фактор гидролиза поливалентных металлов; вода + ВОВ как фактор кислотного гидролиза коллоидов и минералов.
II. <i>Ландшафтно-геохимические условия</i> : а) тип элементарного геохимического ландшафта, б) характер миграции продуктов почвообразования, в) почвенно-геохимические барьеры, г) залегание почв по рельефу.	а) Автономный (элювиальный) и транзитно-элювиальный, б) Биогенный и абиогенный циклы миграции, в) Биогенный; карбонатный, окислительный; кислотный (гор.EL-накопление SiO ₂), г) Почвы плакоров, склонов моренных гряд, холмов и выположенных увалов, а также речных и озерных террас.	а) Супераквальный и субаквальный (и подводный), б) Диффузия и коллоидная миграция ионов Fe, Mn, Al и Si, в) Глеевый (без H ₂ S); сероводородный, г) Почвы низин, болот, зарастающих озер и депрессий в таежных ландшафтах.
III. <i>Оценка БИКа (тайга)</i> .	Биомасса – 500–3000 (ц га ⁻¹), Прирост – 40–80 (ц га ⁻¹).	Точная диагностика затруднена.
IV. <i>Почвенно-биогеохимическая обстановка таежной экосистемы</i> : а) окислительно-восстановительные условия, б) преобладающие катионы в ППК, в) характер превращения наземного растительного опада, г) образование и превращение групп ГС, д) реакции, типичные для превращения почвенных минералов, е) водный режим.	а) Eh > 350 мВ, б) H ₃ O ⁺ и Al ³⁺ (дефицит Ca ²⁺), в) Биогенное кислотообразование в таежной экосистеме, минерализация ВОВ, их миграция: формирование при этом в гор. A ₀ , EL и EL/V <i>группы ФК</i> , г) В кислом интервале pH биополимеры типа гуминовых соединений (ГС) не формируются. Доминируют ВОВ с низкими молекулярными массами (ММ < 10 000 дальтон), д) Доминирует <i>биогеохимическое</i> выветривание при активном участии растений и ВОВ. Гравитационные потоки влаги устраняют разобщенность зон мобилизации и взаимодействия ВОВ с минералами почвы. При этом зоны реакций постоянно обновляются, т.к. продукты удаляются. Сорбция ВОВ минералами, имеющими наибольшую сорбционную емкость. е) Промывной, КУ > 1.	а) Eh < 350 мВ (нередко < 0), б) H ₃ O ⁺ , Fe ²⁺ (м.б. Ca ²⁺ , Al ³⁺), в) Биогенное кислотообразование с участием <i>микрофлоры (в горизонтах почвы)</i> – накопление кислот в составе ВОВ, г) В зависимости от величины pH и наличия ионов Ca ²⁺ процесс образования ГС может быть как активным, так и заторможенным, д) Доминирует <i>биохимическое</i> выветривание при активном участии анаэробной микрофлоры и ВОВ (как энергетического фактора). Динамичны реакции трансформации веществ: гидратация минералов, гидролиз поливалентных металлов и кремния; образование коллоидных систем. Сорбция ВОВ коллоидами. Модификация и ВОВ, и самих коллоидов. Активный этап (при устойчивом оглеении) «быстро» затухает из-за ухудшения инфильтрации растворов в порах. е) Застойный (грунтовое оглеение) или периодически промывной.

Таблица. Продолжение.

1	2	3
<p>V. Особенности почвенно-геохимической миграции продуктов почвообразования:</p> <p>а) разнообразие мигрантов и их формы,</p> <p>б) уровень организации процессов и дальное действие мигрантов.</p>	<p>а) Формы миграции веществ: ионно-молекулярные, органоминеральные комплексные соединения; локальный перенос тонкодисперсных частиц при дефиците ВОВ и «под защитой» ВОВ; оглеение отдельных горизонтов подзолистых почв, например, развитых на двучленах,</p> <p>б) Почвы таёжных экосистем и сопряженных геохимических ландшафтов; характерна дальняя водная миграция комплексных соединений.</p>	<p>а) Формы миграции веществ – коллоидная, органоминеральные комплексы, диффузия ионов в оглеенных горизонтах,</p> <p>б) Глеевые горизонты полугидроморфных и гидроморфных почв тайги; частичный вынос веществ-мигрантов в депрессии и в местные базисы эрозии (речные системы и озёра).</p>
<p>VI. Процессы почвообразования тесно связаны с функционированием таёжных экосистем.</p>	<p>Биогенное кислотообразование, биогеохимическое выветривание, комплексобразование в песчано-супесчаных подзолах и появление молекул ФК уже в гор A_0^T и их накопление в гор. B_f. В суглинистых почвах таёжных экосистем наблюдается резкое ухудшение инфильтрации влаги – развитие анаэробных процессов. Здесь возможно сочетание истинного подзолообразования и глееобразования – проявление элювиально-глеевого процесса.</p>	<p>Развитие восстановительных процессов, формирование гор. A_0^T, T; гумусообразование, активное кислотообразование, кислотный гидролиз, образование коллоидных систем, кольматаж, сегрегация Fe, Mn и др., оглинивание гор. B, лессиваж (при поверхностном оглеении). Формирование газов с восстановительными функциями (H_2S, N_2O, H_2, NH_3, CH_4 и др.). Ферролиз минералов, активизация диффузионных процессов.</p>
<p>Почвы антропогенно изменённых ландшафтов тайги</p>		
<p>VII. Реализация почвенных процессов.</p> <p>Уровень организации веществ в агроландшафтах иной в сравнении с таёжными экосистемами. Почвенный покров часто не защищён растительностью, что способствует эрозии. В этих условиях двучленные профили «теряют» покровные слои, и в аграрную сферу вовлекаются плотные иллювиальные горизонты B_1 почв.</p> <p>Субстантивный подход в классификации должен учитывать положение почв в ландшафтах. Пахотные почвы нужно сравнивать с фоновыми – лесными аналогами.</p>	<p>Направленность процесса подзолообразования изменяется: биогеохимический вектор миграции, характерный для таёжной экосистемы, изменяется в основном на почвенный; устанавливается незамкнутый биогенный круговорот веществ. Подзолообразование становится сопутствующим оглеению процессом. Аграрные экосистемы функционируют 3–4 месяца, при этом из таёжных почв с урожаем ежегодно отчуждаются значительные массы доступных форм $C_{орг}$, P, N, K, S, Ca и Mo, В... Без удобрений, $CaCO_3$ и травосеяния невозможно интенсивное возделывание с.-х. культур и регулирование почвенного плодородия. Факторы почвообразования задают функции почв и направленность почвенных процессов, а последние определяют свойства почв.</p>	<p>Глееобразование становится ведущим почвенным процессом.</p> <p>В нижней части пахотных горизонтов дерново-подзолистых почв обычно формируется плотная «плужная подошва». Здесь усиливается оглеение и появляется тёмно-серая окраска этого слоя почвы (часто в намытых почвах). Его некорректно называют как «второй гумусовый горизонт». Продукты элювиально-глеевого процесса почвообразования при водной миграции проникают в нижние горизонты почвы. В зонах активных физико-химических взаимодействий образуются серовато-белёвые «затёки» из гидро- и оксидов Si; отмечено формирование гор. ELg даже в окультуренных дерново-подзолистых почвах. Уменьшение доз удобрений и известки приводит к возврату свойств почв, как и у лесных аналогов.</p>

Биодеградация ВОВ в таежной экосистеме характеризует взаимосвязь между таёжной биотой и *микроорганизмами*: повышается биологическая активность длительно промерзающих подзолистых почв и осуществляется трансформация почвенных минералов (например, в результате реакций кислотного гидролиза). Сорбированные на почвенной матрице органические вещества очень медленно обновляются молекулами ВОВ: за 2 года обновилось от 4.1 ± 0.1 до 18.2 ± 0.4 %. Таким образом, начальный этап процесса гумификации задаёт формирование ионно-молекулярных форм ВОВ, выгодных таёжной биоте. Процессы конденсации и полимеризации молекул ВОВ в сложные ГС подавлены вследствие дефицита ионов Ca^{2+} , азота и избытка ионов водорода. Этот процесс завершается стадией образования химически активных *фульвокислот* с ярко выраженными кислотными, аллелопатическими и комплексообразующими свойствами. Молекулы ФК представляют собой *устойчивые к биодеградации компоненты ВОВ*. В их составе всегда идентифицируются комплексные Fe-органические соединения. ВОВ, таким образом, выступают важным связующим звеном между процессами *фотосинтеза и гумусообразования* в таёжной экосистеме. Становится *более понятной картина* начального этапа таёжного гумусообразования: в составе компонентов ВОВ, выщелачиваемых атмосферными осадками из лесных подстилок, уже содержатся «готовые» молекулы *фульвокислот* как образцы структур новых мобильных органических веществ. Функции высокомолекулярных ГВ в таёжных экосистемах *выполняют биополимеры* растительного опада и таёжных подстилок (лигнин, клетчатка, гемицеллюлозы и другие). В хорошо аэрируемых песчаных подзолах ФК при водной миграции закрепляются и накапливаются на частицах SiO_2 , покрытых плёнками гидрогелей гидроксида Fe, в результате чего образуются подзолы иллювиально-гумусово-железистые (при этом возможна сборка структур ФК *in situ*). Утверждение некоторых специалистов, что ФК – это артефакт аналитического способа их выделения из почв – некорректно; оно противоречит генетическим свойствам подзолов таёжных экосистем [6, 7].

В отличие от ВОВ молекулы *фульвокислот* (ФК) более устойчивы к биодеградации. Они и накапливаются при хорошей аэрации, в частности, на иллювиально-железистом *барьере миграции*. В горизонте $V_{\text{н}}$ содержится 1.4–2.7 % $C_{\text{орг}}$ ФК или 1.4–2.7 (в среднем 2.1) г/100 г почвы. На всю массу слоя гор. $V_{\text{н}}$ (360 кг/м^2) мощностью 20 см масса ФК (в составе ВОВ) будет равна 7.56 кг/м^2 . Это очень большая масса природных фульвосоединений, которые при их латеральной миграции в ландшафтах и обуславливают высокую цветность вод таёжных рек - Онеги, Сев. Двины, Мезени, Печоры, Кулоя.

Для получения нативных ФК и исследования их функций в таёжной экосистеме нами с 1972 г. используется схема W. Forsyth с лизиметрическим дополнением [9]. После проведения специальных опытов в лаборатории по сорбции-десорбции компонентов ВОВ на сорбентах, из схемы W. Forsyth были исключены диализ ФК, обработка угля водными растворами щёлочи и минеральной кислоты, а высокозольный уголь заменён на низкозольный. Соотношение в составе ВОВ групп ФК и индивидуальных органических веществ позволило уточнить направленность изучаемых процессов. В частности, изучена сезонная прокраска ВОВ песчано-супесчаных горизонтов подзолов, развитых на двучленах. Ещё в 70-х годах прошлого столетия она была названа В.О. Таргульяном эффектом «гумусовой занавески». Казалось бы, что это ничего не значащий генетический факт. Однако он имеет ту особенность, что при картировании подзолистых почв «гумусовые занавески» создают иллюзию стабильного дернового (гумусово-аккумулятивного) горизонта. В результате некорректно определяется название почвы, завышаются её бонитет и стоимость, неверно будут сделаны выводы о трансформации экотоксикантов [8]. Добавим, что проверяется наличие эффекта «гумусовой занавески» просто: образец такой почвы помещается в хроматографическую колонку и медленно промывается слабым водным раствором $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Поскольку это ВОВ, то они довольно быстро поступают в элюат, а образец почвы осветляется: его серый цвет через 3–4 часа становится почти белёсым (при подсыхании). Мы обнаружили данный эффект в почвенных разрезах подзолов сразу после таяния снега в лесу (ЛЮД МСХА имени К.А. Тимирязева). Отмечено, что после длительного промерзания (и иссушения) горизонтов A_0 , $A_0/A1$, E и V_f подзолов на двучленах наблюдается временное избыточное переувлажнение почвы, вызывающее масштабную мобилизацию ВОВ. Компоненты ВОВ и активизировавшиеся микроорганизмы обусловили мобилизацию химических элементов из коллоидов, минералов почвы в почвенный раствор: наблюдался короткий по времени ранневесенний *пик выноса* водорастворимых веществ из верхних горизонтов. Подобная стадия сезонной динамики почв очень важна для *лиственных древесных пород*: ВОВ (и доступные элементы питания) используются растениями для «запуска» фотосинтеза после длительных холодов и

анабиоза. В период вегетации ложный гумусовый горизонт в подзолах на двучленах постепенно появляется вновь. Окраска подзолистого и иллювиально-железистого горизонтов изменяется и достигает максимума в конце июля–августе. Таким образом, процессы глее – и подзолообразования играют важную роль в функционировании таёжных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия: Учебник. – М.: Логос. 2000. – 627 с.
2. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука. 1990. – 261 с.
3. *Докучаев В.В.* Наши степи прежде и теперь. С.-Петербург. 1892.
4. *Карпачевский Л.О.* Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС. 2005. – 336 с.
5. *Касимов Н.С. и др.* Эколого-геохимические оценки городов // Вестник МГУ. Сер. Географ. 1990. № 3. С. 3–12.
6. *Кауричев И.С., Яшин И.М., Черников В.А.* Теория и практика метода сорбционных лизиметров в экологических исследованиях. М.: МСХА. 1996. – 144 с.
7. *Шишов Л.Л., Кауричев И.С., Большаков В.А., Муромцев Н.А., Яшин И.М., Орлова Л.П.* Лизиметры в почвенных исследованиях. М.: РАСХН, Почвенный ин-т имени В.В. Докучаева. 1998. – 264 с.
8. *Яшин И.М., Шишов Л.Л., Раскатов В.А.* Почвенно-экологические исследования в ландшафтах. М.: МСХА. 2000. – 560 с.
9. *Яшин И.М., Карпачевский Л.О.* Экогеохимия ландшафтов. М.: МСХА. 2010. – 224 с.
10. *Яшин И.М., Кузнецов П.В., Буринова Б.В.* Исследование барьеров миграции в почвах Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Известия ТСХА. 2010. Вып. 3. – С. 9–23.
11. *Opportunities in Basic Soil Science Research.* – Editors: G. Sposito, R. J. Reginato. Перевод с англ. М.И. Герасимовой (Возможности современных и будущих фундаментальных исследований в почвоведении). М.: ГЕОС. 2000. – 138 с.

Секция 6
Образование и просветительская
деятельность в области рационального
использования и охраны
почвенных ресурсов

РЕАЛИЗАЦИЯ ДОКУЧАЕВСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ МУЗЕЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА

Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева

ГНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии

Анализируя причины крайне низкого уровня земледелия в России по сравнению с Западной Европой, В.В. Докучаев пришел к выводу, что «...главным виновником данного печального положения дела служим мы сами, наше поразительное и, говоря правду, мало приятное и мало извинительное незнание с Россией относительно ее естественных сил» (Докучаев, 1953). Понимая, что для передового сельского хозяйства нужны просвещенные люди, Докучаев разработал целостную систему образования в области почвоведения, одним из основных элементов которой должны были стать почвенные музеи. Познание в музее в отличие от лекционного, идет от экспоната, как правило, представляемого с помощью художественных средств выражения. Музей доставляет «пищу не только уму, но и сердцу», он должен привлекать, как привлекает искусство.

В Москве в марте 2011 года пройдет выставка Фонда Дмитрия Зимина «Династия», где будут представлены последние достижения научной мысли в различных областях знаний. Одним из разделов является выставка «Инкубатор жизни», подготовленная Центральным музеем почвоведения им. В.В. Докучаева. Идея проекта состоит в том, чтобы показать зрителю невидимый невооруженному глазу почвенный мир, разнообразие его форм, дать посетителю возможность ощутить жизнь микромира почвы, увидеть органо-минеральную матрицу – уникальную по своей природе первооснову почвы, ее «атом», делающей ее отличной как от мертвой породы, так и от живого организма. В какой среде смогла развиваться появившаяся миллионы лет назад жизнь на нашей планете? Благодаря чему жизнь не погибла, несмотря на бури, оледенения, землетрясения и извержения вулканов? Отчего, в конечном счете, сегодня зависит наша с вами жизнь? Почему эксперты ООН предупреждают «Всего 20 см плодородной почвы отделяют нас от вымирания»? Что же такое почва – серая земля у нас под ногами или сложнейшая биокосная система, которая еще далеко не изучена? Что мы знаем, например, об органо-минеральной матрице – первооснове почвы, ее «атоме» или о новом направлении в генетике – метагеномике почв? Проект дает возможность посетителям «открыть» новый мир у себя под ногами, ощутить себя частью этого мира и понять ответственность за его состояние.

В 2009 году благодаря финансовой поддержке фонда «Дмитрия Зимина «Династия» Музей смог реализовать давнюю идею создания в вестибюле музея экспозицию «Подземное царство». В экспозиции впервые музейными средствами раскрыты сложнейшие связи в природе, замыкающиеся в почве – своеобразной коже планеты. Экспозиция представляет собой «подземный тоннель» – внутрпочвенный ход, пройдя по которому посетитель знакомится с многообразием живых организмов, населяющих почву и выполняющих разнообразные экологические функции. Вся внутренняя поверхность тоннеля (стены, потолок, пол.) смонтирована в виде естественной почвенной поверхности. Сверху почву пронизывают корни растений, а по периметру, как окошки в различные комнаты – миры, на мониторах можно просмотреть анимационные фильмы. Мониторы органично встроены в макетное пространство. Сочетание традиционных музейных средств (муляжи, макеты, бутафория), современных информационных технологий (анимационные видеофильмы, лайтбоксы, световые эффекты) и приемов современного искусства дало возможность показать, скрытую от наших глаз, удивительную жизнь почвы, без которой невозможна и наша с вами жизнь.

Экспозиция состоит из трех разделов. Спускаясь из вестибюля на несколько ступеней вниз, вы, подобно Алисе из известной сказки, оказываетесь в подземном царстве. Первая часть экспозиции представляет обитателей чернозема – почвы под степной растительностью. Это кроты, хомяки, слепыши, мыши–полевки, змеи, различные насекомые и их личинки, дождевые черви и многие другие. Приоткрыв почти сказочную, дверь посетитель попадает в следующий раздел экспозиции – микромир почвы, где может увидеть на большом экране жизнь невидимых глазу почвенных микроорганизмов. В третьей части внутрпочвенного тоннеля раскрыта жизнь обитателей лесных почв. Сверху почву пронизывают корни деревьев, среди которых спрятались еж и кролик, чуть ниже прорыли себе норы барсук и лиса.

В экспозиции демонстрируются анимационные видеофильмы, созданные специально для новой экспозиции. По своей сути видео-анимационный материал является научно-познавательным

фильмом, только он разделен на несколько частей. Первый мультфильм «Путешествие дождевого червячка». В мультфильме «Город бактерий» в популярной форме рассказывается о сложнейших функциях, которые выполняют почвенные микроорганизмы. Третий фильм «Суперкапли спешат на помощь». В этом фильме повествование ведется от имени дождевой капельки, которая, попадая в почву, преобразуется, впитывает в себя питательные элементы, поглощается корнями растений, отдает себя для рождения новой жизни и затем снова возвращается в облака.

Третий год подряд Музей принимает участие в межмузейной городской программе «Детские дни», которые проходят в музеях Санкт-Петербурга в дни осенних школьных каникул. Первый раз в этой программе Музей участвовал в 2008 году. Специально для проекта было разработано научное содержание экскурсии «Почвенные города и их обитатели». В экскурсии в игровой, увлекательной форме раскрывалась функция почвы как убежища и дома для многих живых организмов, была показана роль различных животных в процессах почвообразования. Для проекта была создана новая экспозиция, иллюстрирующая животный мир чернозема, представляющая вертикальный срез чернозема размером 1800x850 мм, в котором показаны почвенные обитатели (землеройка, степная гадюка, крот, различные насекомые и их личинки) их норки и системы подземных ходов.

В 2009 году Музеем была разработана игровая экскурсия «СтеCOOLный проект», в время которой старшеклассники, «добывали» из почв основные и добавочные ингредиенты, необходимые для производства, познакомились с растениями-разведчиками недр, подсчитывали экономическую прибыль, «синтезировали» свое стекло, познакомились с историей и технологией производства стекла. По окончании игры каждый ребёнок получал патент на изобретение и маленький сувенир. Проект вызвал большой интерес у посетителей Музея, поэтому был продлен на весь учебный год.

В 2010 году в рамках «Детских дней» была разработана программа для самых маленьких посетителей Музея от 3 до 10 лет «Сорока-ворона кашу варила», целью которой было показать детям в доступной форме связь «каша-крупы-растения-почва». На экскурсии в игровой форме дети смогли узнать, что такое полба; когда, где и на каких почвах стали выращивать ячмень, просо, пшеницу, гречиху; из каких растений получается пшено, перловка, манка; как изменились орудия обработки почвы и сбора урожая за последние 100 лет. Огромной популярностью в рамках этой программы пользовался мастер-класс «Краски кухонного шкафа» по изготовлению красочных панно из круп и семян растений.

«Ночь музеев» – ежегодная акция, посвященная Международному дню музеев. В майскую ночь многие музеи города открываются для посетителей. В ЦМП им. Докучаева главным экспонатом «Ночи музеев» 2009 стал почвенный монолит, отобранный на месте предполагаемого строительства комплекса Газпром-сити. Специально для выставки сделан четырехгранный монолит, выставленный в центре географического зала. В четырех витринах создана экспозиция с комментариями к экспонату, его научной и культурной ценности. Создан специальный ролик, посвященный центральному экспонату мероприятия, включающий в себя фотографии археологических находок, а также исторические данные о крепости. В ночь проведения акции с 21 часа до 6 утра ЦМП им. Докучаева посетило более 1700 человек.

В 2010 году Музей почвоведения посвятил «Ночь музеев» теме толерантности. Лейтмотивом стали слова В.В.Докучаева «...весь земной шар одет разноцветными почвенными лентами, окраска которых... параллельно изменению цвета человеческой кожи и одежды животных, от белой до серой, чёрной, каштановой и медно-красной, постепенно делается интенсивнее и ярче...». Экспозиция продемонстрировала связь развития культуры разных народов с природными условиями. Центральным экспонатом акции стал почвенный глобус, вокруг которого были размещены почвенные монолиты из России, Кубы, Сирии, Китая, Норвегии, Египта, Новой Зеландии. Они наглядно показывали разнообразие и фантастическую палитру красок. Под глобусом ярким пятном выделялось панно из разноцветных семян и плодов. Сотрудники музея и волонтеры были одеты в костюмы разных народов, ведь быт и традиции людей во многом зависят, в конечном счете, от свойств почв.

На протяжении ночи в музее все желающие смогли принять участие в специально подготовленных экскурсиях, проходящих в режиме «нон-стоп». Посетителям показали как разнообразны и красивы почвы разных уголков мира, насколько они важны в формировании традиций, обычаев, быта разных народов, ведь быт и традиции людей во многом зависят, в конечном счете, от свойств почв. Были подготовлены интересные экспонаты демонстрирующие сколько сделаны мальчики и девочки, где рождаются гвозди, как часто мы пьем «кровь почвы» и много другого интересного. Во время экскурсии посетители могли представить себя, то в таежном лесу, то в степи, то в субтропи-

ках. Характерные для этих зон ароматы и стрекотание живых сверчков давали возможность горожанам, закрыв глаза, мгновенно перенестись из ночного Петербурга в тропический лес, из болотной тундры в степь. В режиме реального времени работал микроскоп, изображение с которого проецировалось на большой экран. В конце экскурсии посетителей познакомили со «страшным подземным хищником».

За ночь музей посетило 1586 человек. В книге отзывов оставлено 57 отзывов с благодарностью. Вот один из них: «Запах степи покорила наши сердца! Спасибо все просто шикарно! Обязательно приведем сюда будущих детей!».

Таким образом, благодаря уникальным возможностям комплексного анализа и освещения сложных проблем естествознания и экологии наглядными средствами Музей успешно реализует технологию непрерывного экологического образования, начиная с детей дошкольного возраста, которую мы рассматриваем как дальнейшее развитие и углубление Докучаевской системы образования.

УДК 631.4

ПОЧВОВЕДЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

И.А. Верховец, Л.Е. Тучкова

ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», iverkhovets@mail.ru

Для развития любой науки необходима преемственность поколений. Прогресс не возможен без привлечения в развивающуюся отрасль молодых кадров. Поэтому необходим рост числа людей интересующихся наукой, в нашем случае почвоведением. Для достижения этой цели необходима стимуляция интереса к ней. Это возможно за счет популяризации почвоведения. Если рассмотреть определение «популяризация науки», то мы видим, что это процесс распространения научных знаний в современной и доступной форме для широкого круга людей (имеющих определенный уровень подготовленности для получения информации). Немало важно – «имеющих определенный уровень подготовленности».

Естественные науки, такие как биология, химия, математика, физика, экология, изучаются в школе, где люди получают базовый набор понятий, терминов, законов. Это облегчает восприятие информации. К тому же, например, популяризацией математики занимались и занимаются журнал «Квант», серия Популярных лекций по математике и другие. Существует большое количество занимательных задач и головоломок. К сожалению, такая пропаганда в почвоведении не развита.

О почве как о самостоятельном природном теле в школьном курсе «География» упоминают лишь дважды – в 6 и 8 классе. Отведенное количество часов не достаточно для формирования понимания роли педосферы в жизни нашей планеты. К сожалению, проблема стоит еще и в том, что сам учитель не в состоянии сжато и доступно донести до школьников эти знания, так как в основной образовательной программе подготовки бакалавра 050100 – Педагогическое образование есть только дисциплина География почв с основами почвоведения в вариативной части профессионального цикла, где количество часов устанавливается на усмотрение ВУЗа [2]. В этом году при составлении новых учебных планов в Орловском государственном университете на факультете естественных наук трудоемкость дисциплины увеличена до 5 зачетных единиц.

Если обратиться к новому образовательному стандарту 022000 – Экология и природопользование, то почвоведение изучается в Базовой части математического и естественнонаучного цикла, но в профессиональном цикле в «Учение о сферах земных» нет упоминания о педосфере [2].

Трудности в обучении по направлению Почвоведение, на наш взгляд, связаны с тем, что у студентов 1 и 2 курсов отсутствует база. Весь понятийный аппарат формируется с нуля. Студент впервые сталкивается с объектом столь многофункциональным, характеризующимся таким количеством переменных признаков. Поэтому на данном этапе развития науки и общества необходимо уделить большее внимание популяризации почвоведения, проведению профориентационной работе среди школьников. Это позволит привлечь большее количество молодежи в науку и наполнить рынок труда профессиональными кадрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федеральный образовательный стандарт* высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация бакалавр) утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2009 года № 788.

2. *Федеральный образовательный стандарт* высшего профессионального образования по направлению подготовки 022000 Экология и природопользование (квалификация бакалавр) утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2009 года № 795.

УДК 622.001.5

О ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ И ТОРФОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Л.И. Инишева

Томский государственный педагогический университет, inisheva@mail.ru

Болото – экосистема, состоящая из трех основных компонентов: воды, болотной растительности и торфа, и поэтому болото является предметом внимания нескольких самостоятельных направлений. Ботаники и геоботаники изучают в них индивидуальность болотной растительности, а по стратиграфии торфяных залежей – климатические характеристики периода торфонакопления и определяют их как болота. Геологи определяют запасы и называют торфяные болота торфяными месторождениями. Лесники изучают болота с позиций улучшения бонитета древостоя и называют их лесными болотами, а почвоведы – с позиций получения сельскохозяйственных угодий и называют их торфяными почвами. Разнотечения в понятиях торфяные месторождения, торфяные болота, заболоченные земли проявляется в дальнейшем и в подготовке специалистов. Вместе с тем, объект один – болото. При таком подходе наиболее целесообразным видится комплексное изучение болот, которым должны заниматься профессионально ориентированные специалисты.

Профессиональная и обширная подготовка специалистов торфяной отрасли проводилась в России только в Тверском государственном техническом университете (с 1960-х годов). Частные разделы природопользования болот преподавались на отдельных кафедрах горных институтов (Екатеринбург), политехнических институтов (геологические специальности), университетов (болотоведение) и академий сельского хозяйства мелиоративного и лесохозяйственного профиля. Специалистов торфяного направления широкого профиля в России не было. Вместе с тем, для специалистов торфоведов очевидно, что использование торфа и других болотных образований (сапрпель, вивианиты) позволяет сформировать научно-техническую политику, которая позволяла бы по новому оценить роль и место болотных ресурсов в устойчивом развитии регионов и страны.

Необходимость открытия специальности торфяного направления или пока специализации, объясняется широким распространением торфяных ресурсов, их экологической ролью в биосфере.

Пока удалось немного: открыта специализация «Торфяные ресурсы и торфопользование» в Томском государственном педагогическом университете. Учеба проводится на базе Проблемной лаборатории, которая оснащена современным оборудованием, библиотекой по торфяному направлению.

Организован научно-исследовательский стационар на отрогах Васюганского болота и на территории Горного Алтая, где проводятся полевые практики студентов по изучению болотных экосистем. С 2001 года при ТГПУ проводится Всероссийская школа «Болота и биосфера». С 2006 г. организован студенческий кружок по торфяному направлению на базе аккредитованной Испытательной лаборатории агроэкологии ТГПУ, на котором проводятся теоретические семинары и лабораторные работы студентов всех ВУЗов г. Томска. В 2010 году открыт музей торфа.

На втором этапе предполагается открытие специальности «Торфоведение». В перспективе разработка, охрана и использование торфяных ресурсов за Уралом является социально-экономической необходимостью. В рамках данной специальности планируется создать индивидуальную систему подготовки высококвалифицированных кадров, владеющих фундаментальными знаниями в области охраны торфяных болот, физикохимии и биологии торфа, технологий добычи и глубокой переработки торфа, рационального природопользования на торфяных болотах. Будем надеяться, что открытие специальности «Торфоведение» в том понимании, как изложено в этой статье, состоится.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№№ 09-05-00235) и федерального агентства по науке и инновациям (Госконтракт № 02.740.11.0325).

В настоящее время, в школьной программе отдельного предмета «Почвоведение» нет, а в рамках занятий по биологии и географии на изучение почв отводится буквально пару часов. Окончив школу, выпускники практически ничего не знают о почвах. Поэтому важным направлением в работе Восточно-Сибирского музея почвоведения им. профессора И. В. Николаева, является работа со школьниками.

В музее собраны монолиты различных типов почв, образцы почвенных горизонтов, почвенной структуры, почвенных новообразований и другой разнообразнейший материал, помогающий в изучении и понимании почв. На базе музея почвоведения, проводятся экскурсии, лекционные и практические занятия со школьниками, несколько лет подряд сотрудники музея участвуют в работе летних экологических школ.

Для лучшего восприятия школьниками материала, мы используем, помимо стандартных методов преподавания, интерактивные игры. Основами для таких игр послужили методические разработки, предоставленные нам Службой леса США. Игры были переработаны сотрудниками музея и адаптированы для изучения почв и почвенного покрова. Игры делают процесс восприятия информации более легким и интересным, помогают быстрее найти контакт с детьми, вызвать интерес к дальнейшему познанию почвы.

Музей почвоведения проводит мероприятия, целью которых является обратить внимание на роль почвы в жизни человека, и биосфере, в целом, а также на существующие экологические проблемы, связанные с почвами.

В сентябре 2010 года, на празднике «День Байкала», на городской площади, сотрудниками музея, кафедры и студентами были апробированы интерактивные игры с детьми различного возраста и, как показал наш опыт, эти игры интересны как детям от 4–6 лет, так и старшекласникам.

В апреле 2010 года впервые была проведена студенческая конференция, приуроченная ко «Дню Земли». Музей совместно с кафедрой почвоведения обратились с инициативой проведения городского праздника «День Земли» в 2011 году, в рамках которого планируется проведение: студенческой научно-практической конференции с участием школьников, семинаров с садоводами, экскурсий, лекций и интерактивных игр с детьми различного возраста.

С октября 2010 года музеем начата подготовка проекта с выездными семинарами, лекциями и играми в сельские поселения на территории Прибайкальского национального парка. Проблемы загрязнения и нерационального использования почвенного покрова этих территорий являются особо актуальными, т.к. практически все поселения расположены в непосредственной близости к Байкалу. Первый выезд запланирован на начало февраля 2011 года. Слушателями и участниками будут не только школьники, но и учителя. Одновременно будет проводиться профориентационная работа, с привлечением внимания будущих абитуриентов к почвоведению.

Кроме того, сотрудниками музея почвоведения ведется научно-исследовательская работа со школьниками в области палеопочвоведения, рационального использования почвенных ресурсов. Один из примеров успешной работы является проект городского парка, который был выполнен школьниками г. Байкальска на основе почвенно-ботанических исследований и, в дальнейшем, принят администрацией города.

Восточно-Сибирский музей почвоведения им. профессора И.В. Николаева пытается донести до каждого своего посетителя, что почва – это уникальный природный объект, играющий огромную роль в биосфере, а также невозобновимый природный ресурс, к которому нужно бережно относиться.

В современном почвоведении все больше внимания уделяется различным почвенным изысканиям, связанным с экологическим мониторингом. Поэтому, необходимо введение в практику преподавания специальных курсов, знакомящих студентов, специализирующихся в области экологии почв, с аттестованными методиками. Экологический мониторинг находится под государственным контролем, поэтому большинство принятых нормативов по загрязнению почв имеют под собой законодательную основу. Утвержденные законодательно нормы ПДК для тяжелых металлов в почвах называют «валовыми» (ГН 2.1.7.2041-06). Эти формы элементов извлекают из минеральной матрицы при разложении почв смесью крепких минеральных кислот (Теория и практика..., 2006), а рекомендуемые аттестованные методики определения этих показателей предполагают получение кислоторастворимых соединений тяжелых металлов (РД 52.18.191-89), извлекаемых пятимолярной азотной кислотой. В методическом руководстве под редакцией Воробьевой (2006) который используется в учебном процессе по химии почв, кислоторастворимые формы тяжелых металлов извлекаются однонормальной азотной кислотой. В результате между аттестованными методиками и методиками, используемыми, при преподавании химического анализа почв студентам возникают противоречия. С этим связаны частые ошибки при интерпретации данных по содержанию тяжелых металлов в почвах, полученных при использовании разных методик. На наш взгляд, валовые формы содержания элементов в почве необходимо сравнивать с региональными (в крайнем случае – с российскими) кларками, тогда как данные по содержанию кислоторастворимых форм надо соотносить с ПДК или ОДК, как это и предлагается в новых нормативных документах (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06). Это не единственное противоречие между нормативными документами, касающимися экологического мониторинга почв и методиками, которые общеприняты в преподавании.

Современные требования к проведению почвенно-экологического мониторинга предполагают использование не только аттестованных методик, но и сертифицированного оборудования, лицензионных специалистов. При этом все экспериментальные данные должны быть получены только в аттестованных лабораториях. В связи с этим давно назрела необходимость подготовки специалистов, ориентированных на новые требования экологического рынка услуг. Становится очевидным, что классические методические подходы к обучению специалистов в области экологии почв требуют значительного пересмотра и создания новых учебных программ и дисциплин. Подготовка студентов с использованием этих новых спецкурсов дают возможность не только получения диплома по специальности, но и лицензий, и сертификатов, необходимых при устройстве на работу в современные экологические центры.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
2. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
3. *Теория и практика* химического анализа почв (под ред. Л.А. Воробьевой) – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
4. РД 52.18.191-89. Методика выполнения измерения массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

В 2007 г. Московской Городской Думой принят Закон города Москвы № 31 «О городских почвах», который до настоящего времени является единственным документом регионального уровня в Российской Федерации, определяющим городские почвы как отдельный объект охраны и рационального использования.

С момента принятия закона Правительством Москвы принят ряд постановлений «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве», «Об утверждении правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений в городе Москве», «Об утверждении методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв». Однако утвердив данные распорядительные документы, привлечение хозяйствующих субъектов к ответственности до последнего времени было затруднительным, т.к. по факту отсутствовали сведения о состоянии почв на конкретном земельном участке в момент предоставления его в собственность, аренду или на иных правах.

С целью устранения данного затруднения в 2008–2010 гг. по заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы разработан ряд подзаконных актов, объединенных в проект постановления Правительства Москвы «О создании системы управления качеством почв в городе Москве». Данным проектом предусмотрено утверждение следующих документов: Порядка проведения обследования городских почв на земельных участках, расположенных на территории города Москвы, включая форму Акта обследования почв земельного участка; Положения о Паспортизации городских почв, включая форму Паспорта почв; Положения о Реестре городских почв; Уровней допустимого качества городских почв и антропогенного воздействия на них; Структуры базы данных технологий восстановления городских почв; Порядка создания (обновления) почвенной карты города Москвы; Плана работ по Паспортизации городских почв.

Согласно проекту распорядительного документа Паспортизация городских почв осуществляется за счет средств бюджета города Москвы при оформлении земельных отношений на земельные участки, по которым государственная собственность не разграничена и которые не предоставлены в пользование по правоудостоверяющим документам до 1 июня 2011 г.

Включение Паспорта городских почв в перечень необходимых документов при первичном оформлении земельно-правовых отношений потребует дополнительных расходов бюджетных средств города. По данным Департамента земельных ресурсов города Москвы на 01.01.2010 г., площадь не разграниченных по госсобственности и не предоставленных в пользование земель составляет около 17 000 га. Общая площадь всех сторонних пользователей, не подлежащих выводу с особо охраняемых природных территорий, с которыми должны быть оформлены охранные обязательства, составляет около 6 000 га. В результате потенциальная площадь почв земельных участков, подлежащих паспортизации составляет 23 000 га.

Предлагается провести поэтапное проведение работ с объемом обследования почв земельных участков на площади до 1 500 га (в 2011 г.) с последующим ежегодным увеличением обследуемой площади. В результате проведение Паспортизации почв города Москвы рассчитано на 8–10 лет.

Данные мероприятия позволят начать практическое применение положений Законов города Москвы от 4 июля 2007 № 31 «О городских почвах» и от 21 ноября 2007 № 45 «Кодекс города Москвы об административных правонарушениях». Так утверждение данного проекта позволит применять штрафные санкции к землепользователям, допускающим нарушения природоохранного законодательства в результате своей хозяйственной деятельности, а также рассчитывать и предъявлять требования о возмещении ущерба, причиненного окружающей среде города Москвы.

В соответствии с КоАП города Москвы за такой вид нарушений в отношении юридических лиц предусмотрены штрафные санкции в размере до 300 000 руб., что повысит ответственность землепользователей, а также позволит возместить расходы города на проведение первоначальных обследований за достаточно непродолжительный период времени.

Все вышеизложенное позволит достигнуть главной цели Закона города Москвы «О городских почвах» – охрана и рациональное использование городских почв.

Работа рекомендована д.б.н., профессором А.С. Яковлевым

УДК 631.41

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО ПОЧВОВЕДЕНИЮ И ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ В
ФОРМИРОВАНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПРОФИЛЯ

В.П. Середина, В.З. Спирина

Томский государственный университет, soil@bio.tsu.ru

В настоящее время в интересах охраны природы и рационального использования ресурсов биосферы возрастает роль широкого развития экологического образования и воспитания студентов, выработки экологического мышления и формирования экологического сознания. Эти новые задачи вовлекают в сферу экологии специалистов различных направлений, в том числе и студентов Томского государственного университета, обучающихся по специальностям: «Биология», «Почвоведение», «География», «Геология», «Лесное хозяйство», «Садово-парковое и ландшафтное строительство», «Экология и природопользование», «Агрономия», для которых предусмотрена учебная практика по почвоведению.

Почва является уникальной и важнейшей частью биосферы как по пространственному положению, так и многочисленным процессам, входящим в биогеохимические круговороты и определяющим условия сохранения и нормального протекания жизни на Земле. Возрастающие нагрузки на почвенный покров становятся характерным фактором антропогенного почвообразования. Почвенный покров является центральным звеном в экосистемах, поэтому мониторинг и изучение его состояния приобретают особую актуальность.

В учебной практике по почвоведению значительное внимание уделяется экологическим аспектам и функциям почв, разработанным Г.В. Добровольским и Е.Г. Никитиным: почва как среда обитания для организмов суши; роль почвенного покрова в дифференциации географической оболочки и биосферы; почва как связующее звено биологического и геологического круговорота; почва как фактор биологической эволюции; роль почв в наземных экосистемах; информационные функции почв.

В условиях жесткого антропогенного воздействия требуется глубокий анализ роли и влияния почвенной оболочки Земли (педосферы) на ту часть биосферы, которая отличается высокой геохимической активностью. Почвенный покров выполняет функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнителей. Если это звено биосферы будет разрушено или уничтожено на больших пространствах, то функционирование биосферы необратимо нарушится. В связи с этим, при проведении учебной практики большое значение придается не только почвам естественных биогеоценозов, но и антропогенно-измененным, агрогенно-созданным, а также и непочвенным поверхностным образованиям как естественного, так и техногенного происхождения. Большое внимание уделяется аграрным, техногенным и рекреационным антропогенным воздействиям, которые в свою очередь имеют как минимум два аспекта: экосистемный и геохимический. Одним из важнейших направлений учебной практики является анализ экологической характеристики почв и почвенного покрова в пределах отдельных регионов Западной Сибири и, в частности, Томской области. На завершающем этапе подготовки специалистов в области биологии, почвоведения, геологии внимание акцентируется на несоизмеримо возросшую роль антропогенной составляющей в современном педогенезе.

Алфавитный список авторов

Akhavan-Ghalibaf M.....	312	Байков К.С.	9
Fatih Er.....	314, 317	Балашов Е.В.....	231
Hasan S. Öztürk.....	318	Банкин М.П.....	165
Heidari M.	312	Банкина Т.А.	165, 344
Karklins A.	15	Баранов И.П.....	305
Khusainova O.	314	Бахвалов А.В.	345
Kizilkaya Ridvan.....	314	Бахматова К.А.	32
Mehmet Ogut.....	314, 317	Бекецкая Т.В.....	124
Mustafa Saglam.....	318	Белобров В.П.....	140, 266
Nutullah Ozdemir.....	262	Белоусова Н.И.	266
Oğuz Başkan.....	321	Белых Л.И.	346
Rıdvan Kizilkaya.....	324	Березовский Е.В.	272
Ruştu Karaman M.	314	Бижоев М.В.	75
Sabit Ersahin.....	318	Билтуев А.С.	268
Sinitsa U.N.	324	Битюцкий Н.П.	198, 347
Tayfun Askin.....	262, 324	Богатырев И.В.	199
Yakup Cikili.....	318	Богданов А.Г.....	144
Абакумов Е.В.....	111	Богородская А.В.....	348
Авдеева Т.Н.....	106	Бозорова Г.....	255
Аверьянов Ю.Г.	293	Бойцова Л.В.	231
Аврова А.Ф.	388	Бондарев Б.Е.....	99
Азарёнок Т.Н.....	59, 249	Борисов М.М.....	292
Акбалина Б.У.....	70	Борисова Н.Ю.....	267
Акчурин А.Р.....	201	Борисочкина Т.И.	349
Александрова А.Б.....	28	Бочко Т.Ф.....	34
Алексахин А.П.....	220	Будажапов Л.В.....	36, 268
Алиев А.М.....	487	Будник С.В.....	351
Алифанов В.М.....	439	Булгаков Д.С.....	11, 23
Ананьева Н.Д.	243, 354, 360	Бульмага К.П.	418
Андреев П.В.....	140	Бургеля А.Н.	418
Андроханов В.А.....	328	Бурлаков Д.В.	293
Анисимов В.С.....	330, 345	Бутовец Г.Н.	366
Анисимова Л.Н.....	330	Бутовец Г.Н.	352
Апарин Б.Ф.	6, 29, 164, 513, 524	Бутылкина М.А.	124
Арчегова И.Б.	82, 333	Бутюгин А.В.....	167
Арышева С.П.....	336	Бучкина Н.П.	231, 344
Асылбаев И.Г.....	127	Быков Д.А.	37
Афанасьев Е.Г.....	338	Вагапов И.М.	439
Ахмеденов К.М.....	70	Валеева А.А.	28
Ахмеденова С.Г.....	70	Варакина С.В.....	484
Ахмеджанова Г.М.....	70	Васенев В.И.	354
Ахметова Г.В.....	339	Вашукевич Н.В.....	44
Ахтырцев А.Б.....	340	Верховец И.А.....	526
Ашрам Мазен Джумах.....	186	Вислобокова Л.Н.....	168
Бабииков Б.В.....	7, 342	Владыченский А.С.....	13, 39
Багаутдинов Ф.Я.....	211	Водяницкий Ю.Н.	355, 357
		Волкова Е.В.	269
		Волкова Е.Н.....	42
		Воробьева Г.А.	44
		Воронцов В.А.....	168, 170
		Гавриленко Е.Г.....	360
		Гамзиков Г.П.....	47, 363
		Гамзикова О.И.....	363
		Гасанова Е.С.....	173
		Гафурова Л.А.....	175
		Гендугов В.М.....	364, 369

Геннадиев А.Н.	415	Инишева Л.И.	58, 527
Герасько Л.И.	178	Иноземцев С.А.	398
Гильманов Р.Г.	179, 181	Исагалиев М.	255
Гилязетдинов Ш.Я.	127, 181, 211	Исаева О.И.	197
Гладков А.А.	99	Кабанцова Е.К.	340
Гладкова Г.А.	352, 366	Кайдун П.И.	198
Глазунов Г.П.	364, 369	Калинина Н.В.	252
Глебова Е.К.	184	Калманова В.Б.	400
Годунова Е.И.	502	Калюк В.А.	59
Голеусов П.В.	338, 372	Капелькина Л.П.	402
Голованов Д.Л.	48	Карабань Р.Т.	206
Голодная О.М.	374	Караченцев В.В.	34
Голубина О.А.	58	Карманов И.И.	11, 23
Гончарова О.Ю.	375	Карпачевский Л.О.	404
Горбачева Е.В.	508	Карпенко В.Н.	205, 405
Грехова И.В.	51	Касаткина Г.А.	29, 495
Грибов В.В.	106	Качинский В.Л.	415
Гугалинская Л.А.	439	Каштанов А.Н.	16, 23
Гулиев А.Г.	377	Кашулина Г.М.	199, 408
Гурин П.Д.	164, 378	Керечанина Е.Д.	397
Давлетшина М.Р.	271	Кечайкина И.О.	62, 455
Дапылдай А.Б.	156	Кивва К.В.	266
Дармонов Д.	255	Кириенко О.А.	200
Двуреченский В.Г.	379	Кирюшин В.И.	18
Дедов А.В.	184	Киселева Н.Д.	408
Дербенцева А.М.	382	Клименко Н.И.	201
Дергачева М.И.	409	Клименко О.Е.	201
Десяткин Р.В.	52	Ковалев Н.Г.	216
Дикарев Д.В.	330	Ковалева В.А.	333
Добровольский Г.В.	14	Ковалева Е.И.	409, 512
Донских И.Н.	152, 186	Ковалец Ю.Н.	410
Дягилева А.Г.	384	Ковш Н.В.	81
Дядькина С.Е.	55	Когут Б.М.	65
Евдокимова М.В.	364	Козлова А.А.	202
Ежов А.Ю.	387	Колесникова В.М.	276
Елисеева А.В.	420	Комаров А.А.	114, 205, 484
Ерохова А.А.	188	Кондрашин А.Г.	439
Ефремов С.П.	388	Кондрашкина М.И.	66
Ефремова Т.Т.	388	Конова И.А.	411
Железова С.В.	272	Коновалов Н.Д.	67
Жигарева Т.Л.	461	Коновалов С.Н.	67
Зайцев В.Н.	273	Константинова Т.А.	378
Зайцева М.В.	344	Конюшков Д.Е.	23
Золотова Е.С.	394	Конюшкова М.В.	148, 278
Зорина С.Ю.	391	Копосов А.С.	95
Зубахо Е.Г.	451	Копосов Г.Ф.	28
Зубкова Т.А.	56, 404	Корнеев Ю.Н.	330
Зуза В.А.	449	Коронатова Н.Г.	413
Зуза С.Г.	227	Коротков В.Н.	206
Ибатуллина И.З.	394	Костенков Н.М.	374
Иванов А.В.	276	Костюк Д.Н.	415
Иванов И.В.	190	Косых Н.П.	208
Иванова Н.С.	394	Котлугалямова Э.Ю.	111
Иванова Т.А.	397	Кочетков И.В.	345
Ильина Л.П.	192	Крайнов К.Н.	83
Имукова К.С.	195	Красин В.Н.	108
		Красина Т.В.	108
		Крупская Л.Т.	382
		Кудрявцев В.Н.	420
		Кузнецов А.В.	347

Кузнецов В.И.	127, 181, 211	Моргун Е.Н.	220
Куклина С.Л.	44, 528	Морозова А.И.	336, 448
Кулаковская Т.В.	416	Мудрых Н.М.	438
Куленкамп А.Ю.	140	Муравьева Л.С.	284
Кулижский С.П.	20	Мухортова Л.В.	511
Курманская А.В.	83	Мязин Н.Г.	186
Куст Г.С.	14, 140, 155	Мякшина Т.Н.	248
Кутузов А.В.	281		
Кутузова Н.Д.	155	Нагорная О.В.	428
Куулар А.Н.	156	Надпорожская М.А.	81
Куулар Ч.И.	157	Назаркина А.В.	382
Кухарук Е.С.	418	Найда Н.М.	205
Кучеров В.С.	70	Невидомская Д.Г.	192
		Немчинова Н.И.	114
Лагуш Н.И.	72	Нестерова О.В.	529
Лазарева С.Д.	73	Никифорова А.А.	292
Лапыгина Е.В.	411	Новикова А.Ф.	148, 224
Лебедева М.П.	214	Норбованжилов Р.Д.	268
Левина С.Г.	481	Носов С.И.	99
Легостаева Я.Б.	463	Нуртанова А.К.	70
Липатов Д.Н.	420		
Лифаненкова Т.П.	75	Овчинников А.Ю.	439
Лиханова И.А.	333	Оглезнев А.К.	99
Лобова О.В.	89	Окорков В.В.	149
Лойко С.В.	20, 178	Онищук А.В.	293
Лопатовская О.Г.	73, 141, 408, 423	Онищук В.С.	293
Лопушняк В.И.	216	Опекунова М.Г.	440
Лопырев М.И.	144	Орлова Е.Е.	220
Лысак Л.В.	411	Орлова Н.Е.	294
Лыткин И.И.	77	Осипова О.А.	223
Львова Л.Б.	81		
Любимова И.Н.	146	Панасюк А.Н.	293
Лящевская М.С.	451	Панкова Е.И.	23, 224
		Панюков А.Н.	82
Маглыш Е.Г.	284	Паракшин Ю.П.	83
Майоров Е.И.	80	Паракшина Э.М.	442
Макаров В.С.	463	Парахневич М.И.	443
Макаров О.А.	354	Парахневич Т.М.	443
Максимова Е.Н.	423	Пахненко Е.П.	493
Манучарова Н.А.	425	Первушина В.Н.	306
Мартынова Н.А.	426	Переверзев В.Н.	86
Марченко И.А.	455	Перцович А.Ю.	306
Масютенко Н.П.	428	Пестряков А.М.	225
Матинян Н.Н.	32	Петров К.В.	461
Матыченков Д.В.	286	Пивоварова Ю.А.	445
Матыченкова О.В.	508	Пилипушка В.Н.	382
Матьшак Г.В.	375	Пименов Е.П.	336, 448
Матюшкина Л.А.	287, 400	Пироговская Г.В.	87
Межецкая Т.А.	289	Поволоцкая Е.В.	471
Мелентьева Н.В.	388	Погромская Я.А.	449
Мешалкина Ю.Л.	266, 291, 298, 299	Полупан В.И.	227
Микайылов Ф.Д.	431	Полупан В.М.	227
Милановский Е.Ю.	500	Польчина С.М.	89
Митракова А.Г.	363	Попов А.И.	230
Митрофанов Ю.И.	216	Попов Д.А.	439
Михайлов И.С.	23	Попова Г.И.	461
Михайлова Т.А.	436	Порохина Е.В.	58
Михеева И.В.	219	Потребич В.В.	450
Моисеев К.Г.	284	Прохоров И.С.	530
Моисеева О.В.	336	Пузаченко М.Ю.	295
Молчанов Э.Н.	11	Пузаченко Ю.Г.	295

Пуртова Л.Н.	90	Сорокина О.И.	473
Пшеничников Б.Ф.	451	Спирина В.З.	531
Пшеничникова Н.Ф.	451	Старожилов В.Т.	382
Рапацкая К.М.	439	Стекольников К.Е.	144, 159, 186
Ратников А.Н.	461	Степанова В.И.	305
Рафиков Б.В.	127	Степанцова Л.В.	108
Рахимгалиева С.Ж.	152	Стольников Е.В.	243
Рижия Е.Я.	231	Стома Г.В.	477
Рогизная Ю.А.	454	Стрелков С.П.	471
Родичева Т.В.	152	Стуков А.Л.	165
Рожков В.А.	11, 22, 23	Субота М.Б.	480
Розов С.Ю.	140, 155	Сугаченко А.А.	141
Романов О.В.	91	Сулейманов Р.Р.	111, 246
Романовская А.А.	206	Сутягин А.А.	481
Ротач Ю.В.	227	Суханов П.А.	112, 114, 205, 306, 484
Русakov А.В.	95	Суханова Н.И.	56
Рухович Д.И.	23	Сухачева Е.Ю.	29, 164, 524
Рыбальский Н.Н.	276	Сушко К.С.	192
Рыктор И.А.	449	Сычѳв В.Г.	487
Рюмин А.Г.	455	Сюняев Н.К.	461
Рябцев И.С.	398	Талашов Д.Н.	42
Савицкая Н.В.	77, 106	Ташнинова А.А.	490
Савицкая С.Н.	117	Ташнинова Л.Н.	490
Савицкий А.А.	91	Телеснина В.М.	39
Савичев А.Т.	355	Тен Хак Мун.	200
Самбуу А.Д.	156	Терентьев В.И.	306
Самофалова И.А.	97	Тимофеев А.И.	117
Самохвалова В.Л.	458	Титарев Р.П.	364, 369
Самсонова В.П.	272, 291, 298, 299	Тихановский А.Н.	119
Санжарова Н.И.	461, 493	Ткаченко И.С.	121
Саталкин А.И.	99	Торшин С.П.	492
Сахабиев И.А.	300	Трегубова В.Г.	529
Свириденко Д.Г.	461	Трефилова О.В.	348
Северцов В.В.	286	Трофимов С.Я.	355
Семаль В.А.	529	Трубицына Е.А.	81
Семенов В.К.	51	Турдалиев А.	255
Семенова Н.Н.	294	Турсина Т.В.	122
Середина В.П.	531	Турусов В.И.	16
Сивцева Н.Е.	463	Тучкова Л.Е.	526
Симакова М.С.	23	Тютюнник Н.В.	227
Скалабан В.Д.	101, 301	Уманский А.С.	442
Скалабан Д.В.	104	Умарова А.Б.	124
Скворцова Е.Б.	234	Ушачева Т.И.	220
Скорочкин Ю.П.	168	Фарахат Елсайед Ибрагим Могханм.	152
Смирнов Н.С.	206	Федоркова М.В.	493
Смоленцев Б.А.	236	Федоров А.С.	306, 495
Смоленцева Е.Н.	236	Федорова Н.Н.	495
Соболева В.Н.	484	Федорос Е.И.	81
Соколов Д.А.	466	Федотова А.В.	257
Соколов Л.А.	469	Федюнина О.П.	442
Соколова Л.Г.	391	Флейс М.Э.	292
Солнцева Л.А.	239	Фокин А.Д.	492
Соловиченко В.Д.	240	Фоминых Т.О.	173
Солодовников А.Н.	304	Фрид А.С.	308, 498
Сорокин А.П.	471	Хабилов И.К.	127, 181
Сорокин А.С.	173, 242	Хайбуллин М.М.	179
Сорокин Н.Д.	157, 474	Хайдапова Д.Д.	500
Сорокина Н.П.	106		
Сорокина О.А.	157		

Халилова А.Ф.	247	Шишконокова Е.А.	355
Халитов Р.М.	111	Шкабарда С.Н.	502
Ханапин Е.В.	451	Шпедт А.А.	506
Хентрих К.	73	Шрамко Н.В.	129
Хитров Н.Б.	23	Шульгина С.В.	508
Хомушку Н.Г.	156	Шурова М.В.	58
Хохлова О.С.	248	Шурыгин С.Г.	131
Цимбалист Н.И.	487	Щепашенко Д.Г.	511
Цыганок С.И.	161	Щепашенко М.В.	511
Цытрон Г.С.	59, 249, 508	Юлдашев Г.	255
Часовская В.В.	480	Ягафаров Р.Г.	127
Чекушин В.А.	199	Якконен К.Л.	347
Чендев Ю.Г.	248	Яковлев А.С.	364, 394, 512
Чернов Т.И.	425	Яковлев С.А.	512
Черноусенко Г.И.	252	Яковлева Л.В.	257
Чижикова Н.П.	214, 502	Ямнова И.А.	258
Чуков С.Н.	505	Ямских А.А.	398
Шайдак Л.	58	Янко Ю.Г.	135
Шакиров Ю.С.	127	Ярошевский П.В.	513
Шаульский Ю.М.	179, 211	Яшин В.М.	515
Швиденко А.З.	511	Яшин И.М.	517
Шергина О.В.	436		
Шестакова М.В.	364		
Шибут Л.И.	249		
Шишикин А.С.	348		

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**«РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ –
ОСНОВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ»**

Печатается без издательского редактирования
Компьютерная верстка – А.Г. Рюмин, И.О. Кечайкина
Дизайн и подготовка обложки – Е.Ю. Сухачева, П.Д. Гурин

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 05.02.2011 г.

Формат 60x84/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 62,55. Тираж 350 экз. Заказ №

Типография Издательства СПбГУ
199061, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 41