



ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАРЕЛЬСКАЯ ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ



МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

**VI СЪЕЗД ОБЩЕСТВА ПОЧВОВЕДОВ
им. В. В. ДОКУЧАЕВА
Всероссийская с международным участием
научная конференция**

**ПОЧВЫ РОССИИ:
современное состояние, перспективы изучения
и использования**

ШКОЛА ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Книга 2

ПЕТРОЗАВОДСК – МОСКВА
13–18 августа 2012 г.

УДК 631.4(47+57)(063)

ББК 40.3(2Рос)

П65

Ответственные редакторы:

С.А. Шоба, Д.С. Булгаков, Е.В. Шеин, Н.Г. Федорец

Составители:

В.А.Андроханов, В.М.Алифанов, И.И.Васенёв, М.И.Герасимова,
С.В.Горячкин, З.Г.Залибеков, Л.И.Инишева, И.В.Иванов,
Л.П.Капелькина, Е.Д.Конюшков, М.С.Кузнецов, Н.В.Лукина,
Г.В.Мотузова, В.Г.Минеев, Н.Д.Никитин, Д.Л.Пинский, В.П.Самсонова,
Н.П.Сорокина, П.М.Сапожников, Б.Р.Стриганова, Н.Г.Федорец,
Н.Б.Хитров, И.Ю.Чернов, Н.П.Чижикова, С.Н.Чуков, Е.В.Шеин

П65 Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования (Петрозаводск–Москва, 13–18 августа 2012 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. Кн. 2. 510 с.

ISBN 978-5-9274-0519-0 (кн. 2)

ISBN 978-5-9274-0517-6

Освещены общие и региональные проблемы генезиса, географии и классификации, биологии, физики, химии почв, экологические функции и проблемы охраны почв, а также методы исследования в почвоведении.

УДК 631.4(47+57)(063)

ББК 40.3(2Рос)

ISBN 978-5-9274-0519-0 (кн. 2)

ISBN 978-5-9274-0517-6

© Институт леса КарНЦ РАН, 2012

© Коллектив авторов, 2012

Содержание

СЕКЦИЯ А . ФИЗИКА ПОЧВ

Бутылкина М.А., Умарова А.Б., Кокорева А.А., Вайгель А.Э., Торбик Е.В. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВЛАГИ И РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВАХ И СЛОИСТЫХ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	23
Бухонов А.В., Демкин В.А. МАКРОСТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДКУРГАННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ СУХИХ СТЕПЕЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	24
Вайгель А.Э., Умарова А.Б., Степанов А.А. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ: МОДЕЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ	26
Ганеева (Рыжих) Л.Ю., Липатников А.И., Копосов Г.Ф., Матвеева Н.М. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ ОПЫТНОГО ПОЛЯ ТАТАРСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	27
Герайзаде А.П., Мамедов Н.А., Манафова А.М., Кочарли С.А., Мамедова Э.М. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВОДНО-ВОЗДУШНЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМЫ ПОЧВ СУХО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАКАВКАЗЬЯ	29
Гончаров В.М., Фаустова Е.В. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АГРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ...	30
Гумматов Н.Г. АГРОФИЗИЧЕСКОЕ И АГРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ СИДЕРАЦИИ	32
Дембовецкий А.В., Шеин Е.В., Федотова А.В., Яковлева Л.В., Колокольцев В.В. НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ЛАНДШАФТЕ БУГРА БЭРА	34
Джафаров А.М., Манафова А.М., Мамедов Н.А., Герайзаде А.П. УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ И ЭНЕРГЕТИКА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ	36
Егоров Ю.В., Судницын И.И., Бобков А.В., Кириченко А.В. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ	37
Ермакова Е.В., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Раппопорт А.В. МИКРОКЛИМАТ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ г. МОСКВЫ	39
Ильин И.Р. СОРОКАЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СВЯЗАННОГО ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА	40
Кириченко А.В., Зайцева Р.И., Егоров Ю.В., Муромцев Н.А. ЗАВИСИМОСТЬ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ОТ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ И ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ	42

Корост Д.В., Герке К.М., Скворцова Е.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ: ПРИМЕРЫ РОССИЙСКИХ ПОЧВ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТОДА	44
Кураченко Н.Л. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ	45
Мазиров И.М. ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ НА СУТОЧНУЮ ДИНАМИКУ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ	47
Манучаров А.С., Початкова Т.Н., Гомонова Н.Ф., Харитоновна Г.В. ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ	49
Москвин В.В., Шенин Е.В., Щеглов Д.И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ	50
Муромцев Н.А., Семенов Н.А., Шуравилин А.В., Анисимов К.Б. ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ) ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ	52
Пономарев Е.И., Пономарева Т.В. СЪЁМКА В ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ	54
Початкова Т.Н., Николаева И.В. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ	55
Пузанова А.Е., Федотов Г.Н., Поздняков А.И. ОБРАЗОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВОЗДУШНО-СУХИХ ПОЧВ С ВОДОЙ	57
Пягай Э.Т. ПЛОЩАДНЫЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	59
Романов О.В. ВОПРОСЫ ФИЗИКИ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ГОРИЗОНТОВ АГРОЗЁМОВ	61
Рыбнянец Т.В., Замулина И.В. АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ВЗАИМОСВЯЗИ ДИСПЕРСНОСТИ И ГУМУСНОСТИ ПОЧВ	62
Рыльков И.С., Хазарьян В.Э., Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Морозов И.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ И ГРУНТОВ	64
Судницын И.И., Егоров Ю.В., Бобков А.В., Кириченко А.В. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ	66
Сухая О.В., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Ермакова Е.В., Кононова А.А. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА МОСКВЫ	67
Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОПОЧВ ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА	69
Тюгай З.Н., Милановский Е.Ю. ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БИОСИСТЕМ: МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	71
Фаустова Е.В., Гончаров В.М. ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	72

Хазарьян В.Э. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ В КРИМИНАЛИСТИКЕ	74
Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Шейн Е.В., Початкова Т.Н. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ	76
Харитоновна Г.В., Шейн Е.В., Дембовский А.В., Федотова А.В., Коновалова Н.С., Сиротский С.Е. МИКРООСТРУКТУРЕННОСТЬ ПОЧВ БЭРОВСКИХ БУГРОВ	78
Холодов В.А. САМООРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ В МАКРОАГРЕГАТЫ	79
Чурагулова З.С., Ишбулатов М.Г., Хафизова З.Я., Юмагузина Л.Р. ВОДНО ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ТЕКСТУРНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ	81
Шейн Е.В. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ФИЗИКИ ПОЧВ	83
Щепотьев В.Н., Дмитренко В.Н., Скворцова Е.Б. ВАРЬИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОД ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ	84

СЕКЦИЯ В. ХИМИЯ ПОЧВ

Азаренко Ю.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ	87
Алексеевко В.А., Лаверов Н.П. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	88
Ахундова А.Б., Насиров Е.Х. КОБАЛЬТ И ВАНАДИЙ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В ГОРНО-ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ ЛЕНКОРАНЧАЙ	90
Брехова Л.И., Щеглов Д.И., Чепков С.П. ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАЛЕЖИ И ПАШНИ	92
Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Груздев И.В. НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПОЧВАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ	93
Годунова Е.И., Чижикова Н.П., Шкабарда С.Н. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	95
Голубева Е.С., Чекин Г.В. ФОРМЫ КИСЛОТНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	97
Донских И.Н., Рахимгалиева С.Ж., Могханм Ф.С. СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ПРИ ЛИМАННОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА	98

Караванова Е.И., Тимофеева Е.А., Шапиро А.Д. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ПОЧВ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ И ПРИРОДА ЕГО ВАРИАБЕЛЬНОСТИ	99
Касьянова А.С., Околелова А.А., Воскобойникова Т.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДИФИЦИРОВАННОГО АНАЛИЗА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ	100
Каштанов А.Н. ПОЧВЫ РОССИИ И СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	102
Ковалева Е.И., Яковлев А.С., Яковлев С.А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ ВОДНОГО ФОНДА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В РАЙОНЕ НЕФТЕДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА)	103
Кызыурова Е.В., Хмелинин И.Н. ВОДОРАСТВОРИМЫЕ И ОБМЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО-ПОЧВА	105
Лузянина О.А. ВАЛОВОЙ СОСТАВ ПОЧВ ГОРНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ УРАЛА	106
Максимова Ю.Г. КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОБРАБОТОК РЕАКТИВАМИ МЕРА-ДЖЕКсона И ТАММА	108
Матюшкина Л.А., Чижикина Н.П., Харитоновна Г.В., Коновалова Н.С., Стенина А.С. АМОРФНЫЙ КРЕМНЕЗЕМ В ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	109
Махинова А.Ф., Махинов А.Н. ПРОЦЕССЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ ПРИОХОТЬЯ	111
Мингареева Е.В., Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. ВЛИЯНИЕ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НА РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ПОЧВ	113
Мотузова Г.В., Барсова Н.Ю. ПОГЛОЩЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ, ОБРАЗОВАНИЕ, ТРАНСФОРМАЦИЯ И МИГРАЦИЯ ИХ СОЕДИНЕНИЙ	114
Надпорожская М.А., Ковш Н.В., Львова Л.Б., Федорос Е.И., Трубицына Е.А., Чертов О.Г. ТРАНСФОРМАЦИЯ ОПАДА В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ	116
Некрасова О.А., Дергачева М.И., Васильева Д.И. МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПАЛЕОПОЧВ РАННЕЙ И СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ САМАРСКОГО ПОВОЛЖЬЯ	118
Никитина М.В., Репницына О.Н. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИНКА, МЕДИ И СВИНЦА В ПОЧВАХ УРБОЛАНДШАФТОВ Г.АРХАНГЕЛЬСКА	119
Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ	121

Перевалова А.С. СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ	123
Петрофанов В.Л. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛИЯ МЕЖДУ ПЛАНАРНЫМИ И СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ПОЗИЦИЯМИ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ И ВХОДЯЩИХ В ЕЕ СОСТАВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЯХ МЕНЬШЕ 10 МКМ	124
Протасова Н.А. ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВАХ	126
Русакова Е.С. СПЕЦИФИКА КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ БУФЕРНОСТИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В РИЗОСФЕРЕ ЕЛИ В ГОРИЗОНТЕ АЕ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ	128
Самонова О.А. РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ КАТЕН СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	130
Семенков И.Н., Терская Е.В. СПЕЦИФИЧЕСКИ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИ (ОБМЕННЫЕ) СОРБИРОВАННЫЕ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ФОНОВЫХ ПОЧВЕННЫХ СОПРЯЖЕНИЯХ МИКРОАРЕН СРЕДНЕЙ ТАЙГИ И ЛЕСОСТЕПИ (КНЯЖПОГОСТСКИЙ РАЙОН РЕСПУБЛИКИ КОМИ И ПЛАВСКИЙ РАЙОН ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)	132
Середина В.П. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ, РАЗВИТЫХ НА ЛЕССОВИДНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ	133
Сиротский С.Е., Климин М.А., Харитонов Г.В., Уткина Е.В. МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ БУРЕЙСКОЙ ГЭС	135
Сушкова С.Н., Гусакова М.Ю., Минкина Т.М. ИЗВЛЕЧЕНИЕ 3,4-БЕНЗ(А)ПИРЕНА ИЗ ПОЧВ МЕТОДОМ СУБКРИТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ	137
Татаркин И.В., Демин Д. В. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА В УРБОТЕХНОЗЕМАХ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ОСАДКАХ СТОЧНЫХ ВОД	138
Тимофеева Я.О. СПЕЦИФИКА ФИКСАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	140
Трофимов С.Н., Варламов В.А. МИГРАЦИЯ ХЛОРИДОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ	141
Черкасов Г.Н. АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ	143
Шоба В.Н. ИОНООБМЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ С ПОЛИВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ	145
Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТМ В ПОЧВАХ СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ	147

Юлдашев Г., Исагалиев М., Турдалиев А. ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И КАЧЕСТВА ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА В ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ	148
---	-----

СЕКЦИЯ С. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Аксенова Ю.В. СОВРЕМЕННОЕ ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ	151
Александрова О.Н., Стукалов С.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КСЕНОБИОТИКОВ НА ПОЧВУ МЕТОДОМ ПАРАМАГНИТНЫХ МЕТОК	153
Анилова Л.В. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	154
Бакина Л.Г., <u>Дричко В.Ф.</u> , Орлова Н.Е. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ПОЧВ РАСТВОРАМИ ПИРОФОСФАТА НАТРИЯ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH	156
Банкин М.П., Банкина Т.А., Земесзиркс Н.Э. РОЛЬ ЛАБИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССАХ ДЕНИТРИФИКАЦИИ И ИММОБИЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА	157
Бойцова Л.В. Зинчук Е.Г., Пухальский Я.В. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СЕКВЕСТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ	159
Вишнякова О.В., Чимитдоржиева Г.Д., Балданова А.Н. ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ТАЕЖНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЗАБАЙКАЛЬЯ	161
Грехова И.В. ГУМИНОВЫЙ ПРЕПАРАТ РОСТОК	162
Захарова Е.Г. СПЕЦИФИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЮГОВОСТОЧНОГО АЛТАЯ	164
Золотарева Б.Н., Демкин В.А. ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	166
Зорина С.Ю., Помазкина Л.В., Ковалева Н.Н. ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОСЕРЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	168
Карасева А.С., Околелова А.А., Кожевникова В.П., Куницына И.А. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЧВЕ	169
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. ЛИГНИНОВЫЕ СТРУКТУРЫ В ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ ПОЧВ (ПО ДАННЫМ ¹³ C- ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ)	171
Когут Б.М. СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, ГУМУСА, ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВ	172

Комачкова И.В., Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ СФОРМИРОВАННЫХ НА РЫХЛЫХ ОТВАЛЬНЫХ ПОРОДАХ . . .	174
Куваева Ю.В. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ГУМУСА МИКРОАГРЕГАТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ ПРИ АГРОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	176
Кузелев М.М., Мамонтов В.Г., Родионова Л.П. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ	177
Латышева Л.А. АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ БУРОЗЕМОВ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО	179
Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А. МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ	180
Магомедалиев З.Г., Бабаева М.А. ГРУППИРОВКА ПОЧВ ДАГЕСТАНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ГУМУСА	182
Мальцева А.Н., Золотарева Б.Н., Пинский Д.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ НА ПРОЦЕСС ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ	183
Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Калинин Р.В. МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ГОРОДСКИХ ЦЕНОЗОВ . .	185
Масютенко Н.П., Кузнецов А.В. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО	186
Маулина Е.Р. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ ПОЧВЫХ	188
Найда Н.М., Комаров А.А., Лавруков М.Ю. СОРТОВАЯ РЕАКЦИЯ DRACOSERHALUM L. НА ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ	190
Неганова Н.М., Полиенко Е.А., Безуглова О.С. ВЛИЯНИЕ ЛИГНОГУМАТА НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО ПОД РАЗЛИЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ	191
Овчинникова М.Ф. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ	193
Орлова Е.Е., Кирсанов А.Д., Бакина Л.Г. ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ	195
Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Бакина Л.Г., Гавриков Е.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГУМУСА ЦЕЛИННЫХ И ОКУЛЬТУРЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ	197

Платонычева Ю.Н., Полякова Н.В., Берчук А.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАСПАШКЕ ЗАЛЕЖИ . . .	199
Попов А.И., Вишняков А.Э., Кокшарова А.А., Кравцов А.А. ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИЙ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, РАЗЛИЧАВШИХСЯ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ, НА МИТОТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС КЛЕТОК КОРНЕВЫХ АПЕКСОВ ГОРОХА	200
Попова Т.В. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ГУМУСА В ДЕРНОВО-НЕГЛУБОКОПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ	202
Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Костенков Н.М., Ващенко А.П., Брагина В.В. ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ГУМИФИКАЦИИ, МИКРОФЛОРУ И ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЗЕМОВ ПРИМОРЬЯ.	204
Раскатов В.А., Черников В.А., Касатиков В.А. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ВЕРМИКОМПОСТОВ	205
Раупова Н.Б., Махсудов Х.М., Ходжимурадова Н.Р., Болтаев И.Б., Саманов Ш. СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА, АЗОТА И ОТНОШЕНИЕ С: N В ПОЧВАХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОЯСОВ ЮЖНЫХ ОТРОГОВ ГИССАРСКОГО ХРЕБТА	207
Родичева Т.В., Авад Раед Авад, Стекольников К.Е., Донских И.Н. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР	208
Рудометкина Т.Ф., Федотов Г.Н. СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ	210
Семенов В.М., Тулина А.С., Семенова Н.А. АБИОТИЧЕСКИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК ФАКТОР МОБИЛИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	212
Семёнова Л.А., Щеглов Д.И. ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	213
Семенова Н.А., Тулина А.С., Семенов В.М. МИНЕРАЛИЗАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РАЗНЫХ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫХ ФРАКЦИЙ ПОЧВЫ	215
Трубецкой О.А., Трубецкая О.Е. ПОЧВЕННЫЕ ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ: НА ПУТИ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ	217
Тулина А.С., Семенов В.М. БИОКИНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИНЕРАЛИЗУЕМОГО ПУЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ К ИЗМЕНЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ	218
Федорос Е.И., Надпорожская М.А., Трубицына Е.А., Абакумов Е.В. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ГУМУСОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД	220

Чичагова О.А., Зазовская Э.П. РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ «ДАТИРУЮЩЕЙ ФРАКЦИИ»	222
Чуков С.Н., Рюмин А.Г., Кечайкина И.О. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ	223
Швец Т.В., Катинда М.С.Б. КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ	225
Якименко О.С., Терехова В.А., Изосимов А.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ И АКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГУМАТОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА	227

СЕКЦИЯ D. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Свириденко Д.Г., Петров К.В., Ратников А.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПРОДИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ	229
Антоненко Е.М., Пинский Д.Л., Минкина Т.М., Сушкова С.Н. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА НА АДсорбцию МЕДИ, ЦИНКА И СВИНЦА ТВЕРДЫМИ ФАЗАМИ ПОЧВ	230
Борисочкина Т.И., Никитина Н.С. МОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТАХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ	232
Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭКОТОКСИКАНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ	234
Григориади А.С., Киреева Н.А. МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА - РАСТЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	235
Гурьев И.Д. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ФИЛИАЛА БОТАНИЧЕСКОГО САДА МГУ «АПТЕКАРСКИЙ ОГОРОД»	237
Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И. ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВАХ СТЕПЕЙ	238
Дмитраков Л.М., Дмитрикова Л.К. ФИТОЭКСТРАКЦИЯ СВИНЦА ИЗ ЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ	240
Доржонова В.О., Убугунов Л.Л., Убугунов В.Л. ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ ПОЧВ Г. ЗАКАМЕНСКА (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	242
Дягилева А.Г. СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	244

Завгородняя Ю.А. АНАЛИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ	245
Зенкова И.В. ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ПОЧВАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ	247
Зубков Д.А. Колесников С.И. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО СВИНЦОМ И НЕФТЬЮ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО	249
Капралова О.А. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ	250
Качур А.Н., Макаревич Р.А. НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ	252
Ковалева Н.Н. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СВОЙСТВА АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ ПРИБАЙКАЛЯ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФТОРИДАМИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА	254
Кокорина Н. Г., Околелова А. А. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ НА ТЕРРИТОРИИ АЗС	255
Колесников С.И. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЮГА РОССИИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ)	257
Комаров А.А. Комаров А.А., Пермяков Е.Г. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСТЕНИЙ	258
Кондратьева М.А., Соболева А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ КИСЛОТНОЙ НАГРУЗКИ НА ПАХОТНЫЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ	260
Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М. ДИНАМИКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ВАО МОСКВЫ)	261
Крупкин П.И. ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВОДОРАСТВОРИМОГО (В/Р) ФТОРА В ПОЧВАХ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ	263
Кулижский С.П., Лойко С.В., Истигечев Г.И. ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ПЛАТИНЫ И НИКЕЛЯ В ПОЧВАХ ПОДТАЙГИ ПРИТОМЬЯ	265
Лаврищев А.В., Литвинович А.В., Павлова О.Ю. ТРАНСЛОКАЦИЯ Sr В РАСТЕНИЯ РАПСА В ПРОЦЕССЕ РАСТВОРЕНИЯ ОТХОДНОГО МЕЛА	266
Ладонин Д.В., Крамарев С.М., Кравченко К.А. ДЕТОКСИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ	267
Манджиева С.С., Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Микайылов Ф.Д. ПОГЛОЩЕНИЕ МЕДИ, СВИНЦА И ЦИНКА ЧЕРНОЗЕМАМИ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА	269

Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Манджиева С.С., Бурачевская М.Ю. СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ Mn, Cr, Ni и Cd В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	271
Невидомская Д.Г., Минкина Т.М., Солдатов А.В., Подковырина Ю.С., Файн М.Б. МОЛЕКУЛЯРНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ Cu (II) В ЗАГРЯЗНЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ (XANES)	273
Никитенко К.С. ВЛИЯНИЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ДЛИНУ КОРНЕЙ РЕДИСА ДЕРНОВО-КАРБОНАТНОЙ ПОЧВЫ	274
Новоселова Е.И., Турьянова Р.Р., Рахматуллина А.А., Шарифуллина Л.Н. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ И СОСТАВ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ...	276
Околелова А.А., Зайцева К.С., Калинина Е.Д. ОСОБЕННОСТИ ТОКСИКАЦИИ ПОЧВ ВОЛГОГРАДА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	278
Пахненко Е.П., Федоркова М.В., Белова Н.В., Шаповалов В.Ф. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОДВИЖНОСТЬ РАДИОЦЕЗИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ (В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС)	279
Петров А.А., Белобров В.П. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ АЭРОПОРТА «ШЕРЕМЕТЬЕВО»	281
Пинский Д.Л., Пампура Т.В., Дмитраков Л.М. НОРМИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	283
Плеханова И.О. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОСАДКОМ СТОЧНЫХ ВОД	284
Просьянников Е.В., Смольский Е.В., Гуца А.С. ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ НА ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА РОССИИ	286
Рогова О.Б. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ДВУХ РАЙОНОВ Г. ПЕРМИ	287
Соколова Н.А., Кокорина Н.Г., Околелова А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГСМ	289
Спивакова Н.А. БИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВ СУХИХ СТЕПЕЙ И ПОЛУПУСТЫНЬ ЮГА РОССИИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ...	291
Ташиев С.С. ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ С ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ «СИЛИКОНОВЫХ ТРУБОК»	292

Темралеева А.Д., Пинский Д.Л. РАЗРАБОТКА МЕТОДА АЛЬГОИНДИКАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	294
Убугунов В.Л., Убугунов Л.Л., Доржонова В.О НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	296
Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. АККУМУЛЯЦИЯ ПИРОГЕННЫХ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ . .	298
Шабанова А.А. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И НЕФТИ НА ОБИЛИЕ БАКТЕРИЙ РОДА AZOTOBACTER В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	299
Шамшурина Е.Н., Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Беляев В.Р. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	301
Шапченкова О.А. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРА СРЕДНЕЙ СИБИРИ	302
Шихова Н.С. БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ УРБООКОСИСТЕМ СВИНЦОМ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ВЛАДИВОСТОКА)	303
Шорина Т.С. ДИНАМИКА ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ	305
Щелчкова М.В. ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МЕРЗЛОТНОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ Г. ЯКУТСКА	306

СЕКЦИЯ Е. **БИОЛОГИЯ ПОЧВ**

Акименко Ю.В. ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ АНТИБИОТИКОВ . .	309
Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г., Сусьян Е.А., Иващенко К.В. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА	311
Антонов Г.И., Безкоровайна И.Н. ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В СОСНЯКАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ АЗОТА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ	312
Афанасова Е.Н., Сорокин Н.Д. МИКРОБНАЯ ИНДИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ	314
Бахарева Л.В. ДИАГНОСТИКА ПЕСТИЦИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	316

Белоусов В.С., Швец А.А. РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ АССОЦИАЦИИ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ УСТРАНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ	317
Быкова Е.М. ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОЛИТИЧЕСКОГО МИКРОБНОГО КОМПЛЕКСА ПОГРЕБЕННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ	319
Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Попов А.А., Русакова И.В., Петров В.Б. ЭКОБИОТЕХНОЛОГИЯ ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ГЕННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ СЕТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ	320
Голиченков М.В., Путятина Т.С., Котова А.А., Кирюшин А.В., Закалюкина Ю.В. НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ МУРАВЕЙНИКОВ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ	322
Головченко А.В., Кураков А.В., Семенова Т.А. ФАКТОРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ ГРИБОВ В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКАХ	324
Голубина О.А., Порохина Е.В. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БОЛОТА ТАГАН	325
Горбачева М.А., Полянская Л.М. СПЕЦИФИКА РАЗВИТИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ В ТИПИЧНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ (ПРИ ВНЕСЕНИИ ХИТИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ)	327
Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В ЦЕЛЯХ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	328
Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Демкин В.А. ОТРАЖЕНИЕ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСТОЯНИИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ	330
Денисова Т.В. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ	332
Джафарова Ш.З. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРО-БУРОЙ, СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВОЙ И ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ	334
Добровольская Т.Г., Кухаренко О.С., Павлова Н. С., Кураков А.В. ФУНКЦИИ БАКТЕРИЙ САПРОТРОФНОГО БЛОКА В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКАХ	335
Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Фокина А.И. СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ И ДЕТОКСИКАЦИОННАЯ РОЛЬ ПОЧВЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ	337
Дуброва М.С., Зенова Г.М. СООБЩЕСТВО ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ АКТИНОМИЦЕТОВ В ХОЛОДНЫХ ПОЧВАХ РОССИИ	338
Дьяков В.П. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И НИТРИФИЦИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРЕДУРАЛЬЯ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ	340

Евдокимов И.В. ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА МЕТОДОМ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОСФОЛИПИДОВ	342
Железова А.Д., Чернов Т.И. ОЦЕНКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЯРУСОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ	344
Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М., Судницын И.И., Грачева Т.А., Лапыгина Е.Е., Напольская К.Р., Судницына А.Е. РАЗВИТИЕ АКТИНОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННЫХ ЗАСУХ	345
Зенова Г.М., Грачева Т.А., Курапова А.И., Дуброва М.С., Лубсанова Д.А. ТЕМПЕРАТУРА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ПОЧВЕННЫХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНЫХ И ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ АКТИНОБАКТЕРИЙ	347
Иванов К.Е., Полянская Л.М. ВЛИЯНИЕ ХИТИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ В ЧЕРНОЗЕМЕ В АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ	348
Иванова А.Е., Марфенина О.Е. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ СОВРЕМЕННЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ	350
Казеев К.Ш. БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЮГА РОССИИ	352
Качалкин А.В. ДРОЖЖЕВОЕ СООБЩЕСТВО СФАГНОВЫХ ДЕРНИН ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ	354
Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкин В.А. МОРФОЛОГИЯ И РАЗМЕРЫ МИКРОБНЫХ КЛЕТОК КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ	355
Кимеклис А.К., Петрова С.Н., Першина Е.В., Пинаев А.Г., Андронов Е.Е. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ АНАЛИЗА ДНК ПОЧВЕННОГО МИКРОБИОМА В ОЦЕНКЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	357
Кондакова Л.В., Домрачева Л.И., Зыкова Ю.Н. «ЦВЕТЕНИЕ» ГОРОДСКИХ ПОЧВ	358
Кориновская О.Н., Гришко В.Н., Фотина М.А. ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ЭДАФАТОПАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	360
Корноухова И.Н., Зеленихин П.В., Мельников Л.В. ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И СОДЕРЖАНИЕ ГЛОМАЛИНА В ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТАХ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ	361
Крапивина А.Ю. КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ	363

Круглов Ю.В., Умаров М.М., Мазиров М.А., Патыка Н.В., Хохлов Н.Ф., Думова В.А., Андронов Е.Е., Костина Н.В., Голиченков М.В., Воробьев Н.И. ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКРОФЛОРЫ И ПОТЕНЦИАЛ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА	364
Кураков А.В., Лаврентьев Р.Б., Садыхова В.С., Хидиров К.С. ГРИБЫ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТАЦИИ КИСЛОРОДА В ПОЧВАХ	366
Лабутова Н.М., Щерба А.В., Галова А.В., Орлова Е.Е. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВТОРИЧНОГО НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ	368
Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Таскаева А.А., Кудрин А.А., Хабибуллина Ф.М. РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОПЕДОБИОНТОВ В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ВОСТОКА БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ	369
Лапыгина Е.В., Загрядская Ю.А., Воронина Е.Ю. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ГИФОСФЕРЫ НЕКОТОРЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ	371
Леонтьевская Е.А., Добровольская Т.Г., Хуснетдинова К.А. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА РАСТЕНИЙ И ПОЧВЫ КАРТОФЕЛЬНОГО ПОЛЯ ..	373
Лукачева Е.Г. МИКРОБНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ХИТИНА И ПЕКТИНА В ЧЕРНОЗЕМЕ И ГЛЕЕ-СЛАБОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВАХ	374
Лысак Л.В., Соина В.С., Конова И.А., Кадулин М.С., Звягинцев Д.Г. НАНОФОРМЫ БАКТЕРИЙ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ РОССИИ	376
Максимова И.А. ДРОЖЖЕВОЕ НАСЕЛЕНИЕ МУРАВЕЙНИКОВ FORMICA AQUILONIA	377
Малахова Н.А. АЛЬГОМОНИТОРИНГ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	379
Мамедзаде В.Т. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ОКУЛЬТУРЕННЫХ ЦЕНОЗОВ САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ	381
Манучарова Н.А. ЭКОФИЗИОЛОГИЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ	382
Марфенина О.Е., Иванова А.Е., Данилогорская А.А. ПОЧВЕННЫЕ ГРИБЫ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА	384
Мосина Л.В., Мерзлая Г. Е. ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА МИКРОФЛОРУ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ	386
Набиева Г., Гафурова Л., Кадырова Д., Саидова М., Жалилова Г., Садикова Г. ГОРНЫЕ ПОЧВЫ УЗБЕКИСТАНА И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ	387

Никифорова А.М., Фаизова В.И. ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НИТРИФИКАТОРОВ В СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В УСЛОВИЯХ СПК КОЛХОЗА «МОСКОВСКИЙ» ИЗОБИЛЬНЕНСКОГО РАЙОНА	389
Орлова О.В. ВЛИЯНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ ИЗ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ПОЧВЫ	391
Оруджева Н.И., Бабаев М.П. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА (В ПРЕДЕЛАХ КУРА-АРАКСИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)	392
Поздняков Л.А., Степанов А.Л. АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ	394
Полякова Н.В., Платонычева Ю.Н., Володина Е.Н., Нарчев М.А. ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ	396
Полянская Л.М., Городничев Р.Б. РАЗМЕРЫ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ	397
Пономарева Л.В., Панова Г.Г., Цветкова Н.П., Кудрявцев Д.В., Хомяков Ю.В. ВЛИЯНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ МИКРОФЛОРЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ	399
Прудникова М.А. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗАЛЕЖЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ	400
Раджабова П.А. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЕ ПУЛА ЛЕГКОДОСТУПНЫХ ФОРМ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ	401
Рамазанова Ф.М., Бабаев М.П. ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОСЕВОВ НА ПЛОДОРОДИЕ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА	403
Сермягина А.А., Мосина Л.В., Филиппова А.В. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОФЛОРЫ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ПОКРОВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	405
Степанов А.Л., Кравченко И.К., Кизилова А.Н., Лебедева Е.В., Черобаева А.С., Поздняков Л.А., Манучарова Н.А. НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ МИКРОБНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПОЧВАХ ..	406
Стольникова Е.В., Ананьева Н.Д. СТРУКТУРА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	407
Стрижакова Е.Р., Васильева Г.К. БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ОТРАБОТАННЫМ МОТОРНЫМ МАСЛОМ	409
Струнникова О.К., Вишневская Н.А., Феоктистова А.С. КОЛОНИЗАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ И ВЗАИМООТНОШЕНИЯ FUSARIUM CULMORUM И PSEUDOMONAS FLUORESCENS В ПОЧВАХ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА	411

Терехова В.А., Федосеева Е.В., Пацаева С.В. ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ МЕЛАНИНСОДЕРЖАЩИХ МИКРОМИЦЕТОВ И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ – ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОМОНИТОРИНГА ПОЧВ	412
Тер-Мисакянц Т.А., Казеев К.Ш. ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕНДЗИН ЗАПАДНОГО КAVКАЗА ПОСЛЕ РУБКИ ЛЕСА	414
Умаров М.М., Костина Н.В., Вечерский М.В., Голиченков М.В., Кузнецова Т.А., Манаева Е.С. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПОСЕЛЕНИЙ ЖИВОТНЫХ	416
Фаизова В.И., Никифорова А.М. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ СТАВРОПОЛЬЯ ПРИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	417
Федий В.С. ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ И ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА РОСТ ИНFUЗОРИЙ	419
Федоров А.С, Федорова Н.Н. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОМИЦЕТОВ ...	421
Феоктистова А.С., Шахназарова В.Ю., Чижевская Е.П., Вишневская Н.А., Струнникова О.К. ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЧВООБИТАЮЩЕГО ФИТОПАТОГЕННОГО ГРИБА FUSARIUM CULMORUM НА КОРНЯХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ	422
Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А. ОЦЕНКА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ЧИСЛЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВАХ СУХИХ СТЕПЕЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ ФОСФОЛИПИДОВ	424
Чакмазян К.В., Полянская Л.М. ЧИСЛЕННОСТЬ И СТРУКТУРА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПОЧВАХ ПАШЕНЬ И ЗАЛЕЖЕЙ	425
Чернокалова Е.В. ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ РАСПАШКИ	427
Якушев А.В. О КИНЕТИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАКТЕРИЙ В ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ	428

СЕКЦИЯ F. ПОЧВЕННАЯ ЗООЛОГИЯ

Андриевский В.С. ТЕСТИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ТИПОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА С ПОМОЩЬЮ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ	430
Безкоровайная И.Н., Антонов Г.И., Егунова М.Н. КОМПЛЕКСЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ...	431
Вершинина С.Д. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛАТЕРИДОКОМПЛЕКСОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В СЛЕДСТВИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ СРЕДЫ	433

Гаевская М.А., Русанов А.М., Бородин А.В. АКТИВНОСТЬ LUMBRICIDAE В ПОЧВАХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРЕДУРАЛЬЯ	435
Ганин Г.Н. ПЕДОФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПРИАМУРЬЯ	436
Груздева Л.И., Сущук А.А., Матвеева Е.М. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОЧВЕННОЙ НЕМАТОЛОГИИ	438
Конакова Т.Н., Колесникова А.А. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ГЕРПЕТОБИОНТОВ (CARABIDAE, STARPHYLINIDAE) В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ	440
Лябзина С.Н. НАСЕКОМЫЕ-НЕКРОБИОНТЫ КАК КОМПОНЕНТ ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ ПОЧВЫ	441
Минкин В.В., Пилипенко А.Д. РОЛЬ ПОЧВЫ В ИЗМЕНЧИВОСТИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ПРИРОДНЫХ ПЕДОЦЕНОЗАХ	443
Негробова Е.А., Удоденко Ю.Г. СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЯХ (OLIGOSOMAETA, LUMBRICIDAE) ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА	444
Рахлеева А.А., Семенова Т.А. ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ МИКРОАРТРОПОД И МИКРОМИЦЕТОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ (ТВЕРСКАЯ ОБЛ.)	446
Сизова М.Г. РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕЛЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	448
Таскаева А.А. ЗОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕМБОЛ В ПОЙМЕННЫХ ЛЕСАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ	450
Чумаченко Ю.А. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ ДВУПАРНОНОГИХ МНОГОНОЖЕК (DIPLOPODA) ТИСОСАМШИТОВОЙ РОЩИ КAVKAZСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	451
Якутин М.В., Андриевский В.С., Лхагвасурен Ч. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗООМИКРОБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ ПРИ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА	452
СЕКЦИЯ G. АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ	
Агеев В.В., Есаулко А.Н., Сигида М.С. УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРЕЗ ОПТИМИЗАЦИЮ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ	455
Анисимова Т.Ю., Еськов А.И. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА	457

Багаутдинов Ф.Я., Казыханова Г.Ш., Пермякова Н.В. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	458
Воронкова Н.А. ПРИЁМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ В АГРОЦЕНОЗАХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	460
Галеева Л.П. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ РАСПАШКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ОВОЩНОМ АГРОЦЕНОЗЕ	462
Гермогенова А.Ю., Алексеева А.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ ЯКУТИИ	463
Головков А.М., Черкашина Н.Ф., Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н., Карпова Д.В., Батурина Л.К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ГУМАТНОГО ТИПА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ	465
Гречишкина Ю.И., Демиденко В.Г., Кривда Ю.И. ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТАВРОПОЛЬЯ И ЧЕРКАСЩИНЫ	467
Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И., Подорогин В.А. АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ	469
Жердев Ю.С. СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ КАРБОНАТНОМ	470
Завалин А.А., Крамарев С.М., Минкина Т.М., Кравченко К.А. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ	472
Заманов П.Б., Алиева А.П., Пашаев Р.А. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА БАЗЕ ОТХОДОВ	473
Ильина И.И., Морачевская Е.В., Воронина Л.П., Якиева М.А. ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЭПИБРАССИНОЛИДА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ Zn И Cd	475
Иманкулова А.М., Мосина Л.В. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНОГО УРАЛА	476
Калугин Д.В., Цховребов В.С., Фаизова В.И. ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	477
Коробской Н.Ф. ФОРМЫ ФОСФОРА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ СЛАБОДЕФЛИРОВАННОМ	479
Королева И.Е. ОСВОЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КАК ФАКТОР АГРОЭВОЛЮЦИИ (ИХ ПЛОДОРОДИЯ) В ФОРМАТЕ ЗОНАЛЬНО-ПОДЗОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ	480

Кравцова Н.Е., Божков Д.В. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ДОНА	482
Курган О.А., Кравцова Н.Е., Литвинов Ю.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	483
Мудрых Н.М., Mikayilov F., Михайлова Л.А., Baskan O. ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНО-КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВ	485
Никитская Н.И., Машканцев С.С. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПЕЛИНОГО ПОМЕТА	487
Окорков В.В., Окоркова Л.А. К МЕХАНИЗМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗВЕСТИ С ППК КИСЛЫХ ПОЧВ	488
Павлов К.В. РОЛЬ НАТРИЯ В ПИТАНИИ РАЙГРАСА ПРИ ДЕФИЦИТЕ КАЛИЯ	490
Седых В.А., Лобанов А.Г. СТРУКТУРНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВЫСОКИХ ДОЗ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА	491
Слюсарев В.Н. СЕРА В ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И ПРИМЕНЕНИЕ СЕРНЫХ УДОБРЕНИЙ	493
Ступакова Г.А., Игнатъева Е.Э., Панкратова К.Г., Салтыкова А.С., Митрофанов Д.К. СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ПОЧВ, КАК СРЕДСТВО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	494
Субботина М.Г., Мишихина О.С. ВЛИЯНИЕ ЗОЛЫ ОТ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ	496
Титова В.И., Архангельская А.М. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ	497
Ульянова О.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ	499
Широкова Е.В., Поздняков А.И., Мусекаев Д.А., Девина Т.П. СНИЖЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭУТРОФНЫЕ ТОРФОЗЕМЫ	500

Секция А

ФИЗИКА ПОЧВ

Председатель: д.б.н. Е.В. Шейн

УДК 631.4

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВЛАГИ И РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВАХ И СЛОИСТЫХ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Бутылкина М.А., Умарова А.Б., Кокорева А.А, Вайгель А.Э., Торбик Е.В.

*МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, m.butylkina@gmail.com, a.umarova@gmail.com,
kokoreva.a@gmail.com*

Передвижение влаги и растворенных веществ в почвах обусловлено спецификой строения порового пространства. Традиционно исследования миграции веществ в почвах в лабораторных условиях ведут на почвенных колонках в фильтрационных экспериментах.

Большинство исследований в гидрологии почв посвящено изучению параметров массопереноса в отдельных почвенных горизонтах и слоях, однако на их границах в текстурно-дифференцированных почвах возможны явления периодического формирования локальных напоров и преимущественных потоков воды, смены вертикального перемещения влаги на латеральное. Количество работ в этом направлении в последние годы увеличилось в связи с ростом востребованности специализированных почвенных конструкций, в том числе слоистых. Целью нашей работы явилось изучение переноса влаги и растворенных веществ в модельных колоночных экспериментах на почвенных монолитах текстурно-дифференцированной почвы и почвенных конструкций. Первым объектом исследования явилась дерново-подзолистая среднесуглинистая старопашотная почва Переславского района Ярославской области. Эта серия экспериментов проводилась с целью изучения роли дифференцированности почвенного профиля в переносе влаги и растворенных веществ. В полевых условиях были определены профильные распределения плотности почв и профильное распределение водопроницаемости почв методом трубок, обнаружившее снижение значений в оподзоленных горизонтах. Были отобраны почвенные монолиты высотой 10 см и диаметром 4,5 см и в лабораторных условиях проведены эксперименты по фильтрации влаги и раствора КСl с получением выходных кривых ионов и параметров массопереноса – коэффициентов

фильтрации, гидродинамической дисперсии и шага смещения, показавших влияние специфики порового пространства почв на их значения.

Следующая серия экспериментов проводилась на почвенных горизонтах и грунтах резко отличающихся по своим физическим и химическим свойствам: плотности твердой фазы, гранулометрическому и агрегатному составам, содержанию органического вещества и др. Это горизонты Апах и В серой лесной почвы Владимирского ополья, горизонт В урбанозема территории почвенного стационара МГУ, песок кварцевый речной, торф низинный. Фильтрационные лабораторные колоночные эксперименты проводились для отдельных горизонтов и для почвенных конструкций, полученных путем смешения горизонтов или их послойного расположения. Было обнаружено, что на перенос ионов в почвах сильнейшее влияние оказывают начальные условия проведения экспериментов – начальное распределение влажности вдоль почвенных колонок. В докладе будут представлены данные по проведенному сравнительному анализу параметров массопереноса ионов калия и хлора в отдельных почвенных слоях, их сочетаниях – слоистых и смешанных почвенных конструкциях с разной мощностью представленных слоев и различными начальными условиями.

Работа выполнена при поддержке фонда В.Потанина и грантов РФФИ 09-04-01297, 10-04-00993.

УДК 631.48

МАКРОСТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДКУРГАННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ СУХИХ СТЕПЕЙ НИЖНЕ О ПОВОЛЖЬЯ

Бухонов А.В., Демкин В.А.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуцино, BuhonovAV@mail.ru*

Изучение палеопочв разновозрастных археологических памятников (курганов) и современных фоновых почв в аналогичных литолого-геоморфологических условиях позволяет выявить изменение их различных свойств за историческое время. Объектами исследований послужили подкурганые (XVI–XV вв. до н.э., II–III и XIV вв. н.э.) и современные каштановые почвы и солонцы сухостепной зоны Приволжской возвышенности (могильник «Саломатино», Волгоградская область). Задача работы заключалась в изучении изменений структурного состояния этих почв за последние 3500 лет и оценка диагенетических потерь органического углерода в их структурных фракциях. Срав-

нительный анализ состояния разновозрастных каштановых почв по данным макроагрегатного анализа показывает, что они имеют близкую распыленность гумусово-аккумулятивного гор. А1 в воздушно-сухом состоянии, снижающуюся более чем в два раза в илловиальной части профилей (гор. В1 и В2са). При этом почвы обладают достаточно высокой глыбистостью, достигающей максимальных значений (38%) в палеопочвах бронзового века (XVI–XV вв. до н.э.). *Распределение содержания воздушно-сухих агрегатов (ВСА) в палеопочвах, погребенных во II–III и в XIV вв. н.э., коррелирует с их распределением в современной каштановой почве. Практически отсутствуют различия в степени гумусированности агрегатов палеопочв в зависимости от их размера. Снижение содержания С орг в ВСА палеопочв экспоненциально связано с длительностью погребения.* Величина потерь С орг из ВСА увеличивается с $0.12 \pm 0.07\%$ в гор. А1 почв, погребенных 600 л. н., до $0.17 \pm 0.06\%$ в почвах, погребенных 3500 л. н. *Изучение водопрочности подкурганых и современной каштановых почв показало полное разрушение глыбистых, крупно- и среднекомковатых агрегатов под действием воды. Выявлено закономерное увеличение содержания водопрочных агрегатов (ВПА) с уменьшением их размера вне зависимости от длительности погребения почв. Полученные данные дают основания считать, что химические свойства и состав гумуса подкурганых каштановых почв, характерных для того или иного периода почвообразования, оказывают большее влияние на их структурное состояние, чем диагенетические потери органического углерода. Макроструктурное состояние подкурганного и современного солонцов по распределению содержания ВСА основного размера (10–0.25 мм) в гор. А1 практически не отличается. Вместе с тем, в палеосолонце выше глыбистость, а в современном солонце – распыленность структуры. Распределение содержания Сорг в ВСА солонцов практически идентично: с уменьшением размера агрегатов их гумусированность повышается. В распределении содержания водопрочных агрегатов солонцов сохраняются те же закономерности, что и для каштановых почв, то есть их содержание увеличивается с уменьшением размера. Водопрочные агрегаты солонцов, как и воздушно-сухие, более гумусированы, чем в каштановых почвах. Наблюдается тренд снижения содержания С орг с уменьшением размера частиц, что отмечалось ранее для каштановых почв. Таким образом, особенности условий почвообразования в момент сооружения археологических памятников (курганов) и в предшествующий период почвообразования сохраняют влияние на состояние макроструктуры подкурганых палеопочв. Разделить вклад диагенетических потерь органического углерода и вековую динамику морфолого-химических свойств палеопочв на трансформацию макроструктурного состояния пока не представляется возможным.*

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ: МОДЕЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Вайгель А.Э., Умарова А.Б., Степанов А.А.

*МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, n.vaigel@gmail.com, a.umarova@gmail.com;
stepan.1963@mail.ru*

Увеличение темпов строительства в условиях города привело к росту востребованности специализированных почвенных конструкций для решения задач озеленения. Зачастую, при создании искусственных почвенных конструкций используются почвенные слои (горизонты), которые являются резко контрастными по своим физическим и химическим свойствам: песок, торф, грунт (нижние минеральные горизонты). Подобные слои, объединенные в общую систему, не обладающую эмерджентностью, формируют специфические свойства и режимы почвенной конструкции. Дальнейшее развитие новой почвенной системы может привести к изменению своих свойств. Целью нашего исследования явилось изучение свойств почвенных конструкций в процессе их функционирования в полевых и лабораторных экспериментах. Задачами исследования стали: 1) изучение физических и химических свойств почв, использованных для формирования почвенных конструкций: песка, торфа и горизонта В; 2) исследование изменений свойств почв в годовом цикле; 3) исследование воздействия гуматов, торфа и минеральных удобрений на биомассу.

На почвенном стационаре МГУ осенью 2010 г были сформированы почвенные конструкции в 3 вариантах – (1) смешанный вариант из песка, торфа и гор. В в пропорции 1:1:4, (2) слоистая почва: гор. В (0–12 см), торф (12–18 см), песок (18–24 см), гор. В (24–36 см); (3) слоистая почва аналог варианту 2 с добавлением гуматов. Были проведены исследования физических и химических свойств почвенных слоев. Распределение органического углерода по профилю соответствовало специфике расположения слоев. Наибольшее количество агрономически ценных (86%) и водостойчивых (20%) агрегатов представлено в слоистой конструкции с добавлением гуматов. Отметим, что в слоях, расположенных ниже торфяного слоя и сам торфяной слой показывали наилучшие результаты по содержанию агрономически ценных агрегатов. Лабораторные исследования были выполнены на почвенных колонках, аналогичных полевым конструкциям выполненных в масштабе 1:2. Было обнаружено закономерно высокие значения коэффициента фильтрации в торфяном и песчаном сло-

ях. Наиболее низкая фильтрация наблюдалась в смешанной почвенной конструкции (28,8 см/сут).

Весной 2011 г было сформировано 4 варианта почвенных конструкций площадью 1 м², выполненных в 4-х повторностях. Вариант 1 представлял собой хорошо перемешанные части гор. В, торфа и песка в пропорции 4:1:1 (смешанный вариант). Вариант 2 – слоистая почва, состоящая из последовательно размещенных: гор. В, торфяный слой, песчаный слой, гор. В. Вариант 3- аналог предыдущему варианту с добавкой гуматов. Вариант 4 – имитация саксонской вспашки. Для изучения влияния различных видов удобрений на продуктивность почвенных конструкций в каждом варианте были проведены следующие мероприятия: одна площадка оставлена как контрольная, в почвы вторых площадок каждого варианта добавлен торф, в третьи – гуматы, в последние – минеральные удобрения. Таким образом, были исследованы 16 площадок, на каждой были посеяны газонные травы и поддерживались одинаковые условия. Внесение гуматов, торфа и минеральных удобрений оказали разное влияние на продуктивность представленных почвенных конструкций. Наибольший эффект получен при внесении минеральных удобрений в смешанный вариант. Этот вариант конструкторозема оказался наиболее плодородным. Все добавки оказывали положительное действие на биомассу по сравнению с контрольными объектами, причем для вариантов с гуматами получены наибольшие величины.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-04-01297, 10-04-00993

УДК 631.43

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ ОПЫТНОГО ПОЛЯ ТАТАРСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Ганеева (Рыжих) Л.Ю.^{1,2}, Липатников А.И.², Копосов Г.Ф.¹, Матвеева Н.М.¹

*¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,
ludarigih@mail.ru;*

*²ГНУ Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
РАСХН, Казань, tatniva@mail.ru*

Основной задачей сегодняшнего дня остаётся выбор наиболее рационального способа обработки почвы, который в наименьшей степени бу-

дет разрушать агрономически-ценную структуру почвы, а также будет способствовать накоплению влаги.

Целью данных исследований является изучение агрохимических и агрофизических свойств почвы после основных способов её обработки.

Для достижения данной цели на поле (Площадь поля = 1,0 га) Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства в 2011 году был заложен опыт со следующим чередованием культур: 1. Озимая рожь, 2. Картофель, 3. Ячмень + клевер, 4. Клевер 1 г.п. сидерат. Для быстрого освоения данного севооборота был произведён уравнильный посев горчицы с последующей её заашкой в качестве сидерата (76 ц/га зелёной массы).

Система основной обработки почвы: 1. no-till, 2. минимальная обработка на глубину 14–16 см, 3. обычная культурная вспашка на глубину 20–22 см, 4. разноглубинная обработка почвы. Предпосевная обработка почвы и уход за посевами общепринятый в Республике Татарстан.

Почва: Серая лесная среднесуглинистая на жёлто-бурых делювиальных суглинках, подстилаемая древнеаллювиальными отложениями. Для исследования её структурных свойств в тесной связи с применяемыми системами обработки заложено 12 прикопок по вариантам обработки и повторностям, отобраны образцы для дальнейшего изучения агрофизических свойств почвы.

Плотность сложения сухой почвы составила 1,2 г/см³ в пахотном горизонте, 1,5–1,6 г/см³ в подпахотных горизонтах. Наименьшая влагоёмкость в пахотном горизонте составила 18,7%, капиллярная влагоёмкость – 28,3%, полная – 32,5%. Были проведены наблюдения за водопроницаемостью почвы (ПВН). Оценка почвы по водопроницаемости по Д.Г. Виленскому составила 43,2 мм/час, что соответствует средневодопроницаемой почве.

Опытное поле было засеяно озимой рожью (сорт Тантана). По фазам развития озимой ржи через каждые 10 дней велись наблюдения за полевой влажностью почвы на различных основных способах обработки почвы. При одинаковых исходных запасах продуктивной влаги в почве 146,7 мм, наблюдалось, что на момент начала кушения озимой ржи данный запас на основном способе обработки почвы – культурная вспашка, оказался наибольшим и составил 133,0 мм.

Наблюдения за капиллярной влагоёмкостью, плотностью сложения сухой почвы и её структурно-агрегатным составом показывают, что оптимальные значения данных показателей наблюдаются также на культурной вспашке. Следовательно, что данная обработка в наибольшей степени сохраняет запас почвенной влаги и агрономически-ценную структуру почвы.

УДК 631.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВОДНО-ВОЗДУШНЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМЫ ПОЧВ СУХО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАКАВКАЗЬЯ

Герайзаде А.П., Мамедов Н.А., Манафова А.М., Кочарли С.А., Мамедова Э.М.

Институт почвоведения и агрохимии, Баку, gerayzade-akif@rambler.ru

Если в земледелии 50% успеха зависит от правильного использования удобрений, то 50% зависит от знаний в сфере тепло-гидрофизических и водно-воздушных режимов почвы. В данной работе приводятся результаты комплексных исследований водно-воздушного и температурного режимов почв. Без знания которых трудно установить распределение температурного и водного полей в почве.

Теплофизические свойства почв исследовались в лабораторных условиях при широкой гамме заданных влажностей, плотностей, гранулометрического состава и т. д. Методика лабораторного эксперимента позволяла проводить анализ теплофизических характеристик почв в зависимости от одного аргумента, оставляя неизменными остальные. Во всех случаях теплопроводность (K), в начале растет с ростом влажности, далее, пройдя через максимум, резко падает. Значение влажности, при которых K максимальны, называются критическими и, в зависимости от типа почвы, меняются в пределах от 14 до 28%. При изменении влажности от воздушно-сухого состояния до критической, K увеличивается более чем в 2 раза, при изменении плотности от 1,0 до 1,5 г/см³ – в 1,5 раза. Зависимость критических значений K от содержания физической глины квазилинейная.

Водный режим почв определялся тремя факторами увлажнения: 1) связанный с атмосферными осадками; 2) связанный как с атмосферными осадками так и с грунтовыми и ирригационными водами; 3) связанный с грунтовыми водами и частично с атмосферными осадками. Первый фактор встречается в случаях каштановых почв. Накопление влаги здесь происходит в осенне-весенний период. Летом почва иссушается в слое 0–100 см. Слой 100–200 см в течении года по влажности однороден. Водный режим здесь непромывного типа.

Второй фактор встречается в сероземно-луговых почвах водный режим складывается влиянием орошения. В отдельных случаях в связи с осадками и поднятием грунтовых вод происходит промачивание всей почвенной толщи, что способствует периодически промывному типу водного режима.

Третий фактор встречается в болотно-луговых солончаковых почвах. Здесь формируется застойно-выпотной водный режим. Запасы влаги почти стабильны.

Температурный режим степи изменяется в зависимости от покрова. Спад температуры в нижних горизонтах наблюдается до марта. В это время температура верхнего горизонта возрастает и в слое 0–200 см создается температурное равновесие. Годовая амплитуда температуры в верхнем метровом слое велика по сравнению с 2-м метровым слоем. Аналогичная картина наблюдается во всех случаях. Но в зависимости от рельефа, покрова, влажности, состава, грунтовых вод имеются различия, показывающие микроклиматические особенности каждого почвенного типа. Это привит к тому, что лугово-сероземные солонцевато-солончаковые почвы по профилю нагреваются больше, чем каштановые, и суточные колебания температуры здесь глубже. На формирование воздушного режима также влияют растительный покров, температура, влажность, грунтовые воды и прочие факторы. Наибольшая концентрация углекислого газа связана с активизацией биологических процессов весной. Во всех случаях содержание CO_2 вниз по профилю увеличивается. Сероземно-луговые орошаемые почвы под четырехлетней люцерной наиболее интенсивно выделяют углекислый газ в атмосферу, далее следует каштановые почвы под пшеницей, замыкают ряд целинные болотно-луговые солончаковые почвы.

На основе проведенных исследований составлены карты физических свойств почв и предложена методика оптимального воздействия на них.

УДК 631.4

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АГРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Гончаров В.М., Фаустова Е.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, vmgoncharov@mail.ru

Разработка принципов точного адаптивно-ландшафтного земледелия, ориентированного на выявленные закономерности распределения свойств почв в пространстве, невозможна без современных агрофизических подходов, направленных на получение информации о пространственно-распределенных физических свойствах почв в почвенном покрове, их оценку с точки зрения современной агрофизики. Для решения этих задач предложен комплекс почвенно-агрофизических методов, позволяющих получать количественную агрофизическую информацию о почвах и

почвенном покрове, анализировать и использовать её для прогнозной оценки. Он апробирован в многолетних траншейных и агроландшафтных исследованиях комплексного почвенного покрова во Владимирской и Ивановской областях, показавших, что физические свойства в почвенном покрове сельскохозяйственного поля изменяются взаимосвязано, непрерывно и постепенно, а их пространственное распределение определяется не только генетическими особенностями почв (педогенетическими факторами), но и антропогенными, агротехнологическими факторами. Пространственно-распределенная количественная информация позволила формировать функциональные поверхности изучаемых агрофизических свойств, выделять зоны неблагоприятного агрофизического состояния, причины их образования, прогнозировать и оптимизировать агрофизические свойства почв в почвенном покрове сельскохозяйственного поля.

Возникает необходимость в разработке нового современного подхода к комплексной агрофизической оценке почв в почвенном покрове, который может служить информационной базой для получения пространственной комплексной оценки агрофизического состояния территории. В большинстве используемых сегодня подходов агрофизическая оценка почвы проводится по ее свойствам. В то же время «реальную жизнь» почвы можно представить на основе ее режимов, определяющих условия роста растений и, в конечном счете, урожай. Поэтому в рамках развития ландшафтных принципов в современной агрофизике было предложено использовать такие показатели, которые характеризовали бы почву по изменяющимся во времени условиям, – в первую очередь, содержанию влаги и воздуха, т. е. по водно-воздушному режиму. При этом целесообразно применять прогнозный расчет, где в качестве основы для модели используются экспериментальные данные: плотность, водопроницаемость, НВ, ОГХ. Прогноз водно-воздушного режима на основе экспериментальной информации о распределении гидрофизических свойств, как в почвенных профилях, так и латеральном направлении является основой для последующей оценки оптимальности элементов режима. Она включает учет длительности неблагоприятных периодов с недостатком воздуха и влаги в исследуемых почвенных профилях при равных «стартовых» граничных условиях и реализуется в комплексном показателе «индекс оптимальности режима» – ИОР. Экспериментальные исследования основных физических свойств почвенного покрова объектов исследования методом сеточного опробования с последующим прогнозным расчетом на их основе водно-воздушного режима почв позволили получить комплексную карту агрофизических условий в виде топоизоплет показателя ИОР.

По комплексу физических свойств с помощью статистических методов (кластерный анализ, кригинг) во Владимирском ополье достоверно выделены зоны, пространственно близкие к ареалам распространения серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом и характеризующиеся наибольшими значениями ИОР. В дерново-подзолистых почвах Ивановской области агрофизическая неоднородность проявляется на участках с высоким залеганием подстилающей песчаной породы и высоким уровнем грунтовых вод. Предложенный подход, основанный на выявлении пространственного распределения физических свойств почв, соотношении этого распределения с расположением почвенных контуров в пространстве и прогнозной оценке агрофизических условий – это подход для обоснования, проведения и интерпретации данных по полевым масштабным экспериментам и научная основа для разработки агроландшафтных систем земледелия. Получение пространственно-распределенной агрофизической информации и комплексных показателей, аккумулирующих в себе характеристики водно-воздушного режима почв, дают возможность количественно оценить агрофизические условия, применив современные взгляды и методы агрофизики к развиваемым методам ландшафтного земледелия.

УДК 631.42: 631.82

АГРОФИЗИЧЕСКОЕ И АГРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ СИДЕРАЦИИ

Гумматов Н.Г.

Азербайджанский НИИ Земледелия, Баку, ngummatov@mail.ru

В современном земледелии и агропочвоведении очень остро стоит вопрос сохранения, поддержания и воспроизводства плодородия пахотных почв. В настоящее время, в условиях экономической нестабильности развития сельскохозяйственного производства, дефицита применения удобрений и их высокой стоимости, эта задача приобретает особую значимость. Для сохранения имеющегося уровня плодородия почв, необходимо определить стратегию регулирования режимов почвы, так как в настоящее время повсеместно обнаруживается увеличение скорости минерализация гумуса над процессом гумусообразования, что непременно приводит к уменьшению содержания питательных веществ, биологической активности, ухудшению почвенно-физических условий и уменьшению качественных и количественных показателей урожайности сельхозкультур.

Основная причина этого явления – заметное сокращение доз вносимых органических и минеральных удобрений, а так же, в условиях малости земельных территорий хозяйств, ограничение возможности создания на сельхозполях растительного биоразнообразия. Поэтому для сохранения и поддержания почвенно-физических, микробиологических и питательных режимов, а так же для получения качественных и высоких урожаев в короткие сроки, применение зерно-кормовых севооборотов с использованием сидеральных культур является актуальной задачей земледелия и агропочвоведения.

Исследования проводили на территории подсобно-экспериментального хозяйства Азербайджанского НИИ Земледелия в 2009–2011 гг. (центральная часть Апшеронского полуострова, Баку) в трехпольном зерно-кормо-сидеральном севообороте со следующим чередованием культур: озимая пшеница-горох-рапс. Для оценки эффективности севооборота использовали контрольные варианты этих растений в монокультуре. Опыт заложен в трехкратной повторности на серо-бурых орошаемых почвах (Irragri Gypsisols) с делянок площадью 180 м², которые более 50 лет используются в пашне. Сидеральный рапс первый раз в фазе цветения укашивали с кормовой целью, второй раз – заделывали в почву на глубину 15–20 см. Образцы отбирали с горизонта почвы 0–25 и 25–50 см в начале и конце ротации. Определяли следующие показатели почвы и растений с общепринятыми методами в шести повторностях: агрофизические – плотность сложения и твердой фазы, пористость общая и аэрации, влагосодержание, структурно-агрегатный состав, энтропия распределение агрегатов, средневзвешенный и среднегеометрический диаметр; агрохимические – содержание гумуса, азота, P₂O₅, K₂O, CaCO₃, сухой остаток и pH; растительные – урожайность зерна, зеленая масса сидерата и содержание элементов питания в них, состав и количество сорных растений.

Результаты показывают, что сидерация положительно влияет на физические свойства почвы, так как достоверно уменьшается плотность сложения, увеличивается пористость и аэрация, а так же содержание водпрочных агрегатов. Энтропия и средневзвешенный (среднегеометрический) диаметр агрегатов смещается к оптимальным значениям. Общее содержание гумуса в пахотном слое почвы при запашке зеленой биомассы рапса достоверно не изменялось, что вероятно обусловлено неполным разложением сидерата (предположительно изменялся подвижный и водорастворимый гумус). Тем не менее, сидерация оказывала заметное влияние на питательные режимы почвы, в частности режимы

нитратного азота и подвижного фосфора. Отмечено увеличение урожайности культур и уменьшение засоренности посевов при сидерации. Таким образом, использование рапса в короткоротационном севообороте на серо-бурых почвах при орошении является эффективным способом регулирования режимов пахотных почв, увеличения урожайности культур и кормовых ресурсов.

УДК 631.412:631.74

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В ЛАНДШАФТЕ БУГРА БЭРА

**Дембовецкий А.В.¹, Шенин Е.В.¹, Федотова А.В.², Яковлева Л.В.²,
Колокольцев В.В.¹**

¹ МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, avd26@yandex.ru

² АГУ, Астрахань, a.v.fedotova@gmail.com

Бугры Бэра – специфические, присущие только Прикаспийской низменности геоморфологические образования впервые были описаны в 1856 году К. Бэрмом. Эти уникальные природные образования сейчас активно разрушаются: материал бугров используют на строительство дорог, домов, на другие нужды. Однако многие свойства почв бугров Бэра и примыкающих ландшафтов до сих пор не исследованы, происхождения и эволюция дискуссионна, во многом неясны и протекающие в ландшафтах бугров Бэра почвенные процессы, прогнозное изменение физических свойств.

Цель работы – исследовать некоторые физические свойства почв бугра Бэра и околобугрового пространства на склонах восточной и южной экспозиции.

Исследования проводились в рамках совместной экспедиции Астраханского и Московского государственных университетов в 2009–2010 гг. Было изучено геоморфологическое строение участков склонов восточной и южной экспозиций, приуроченных к ландшафту бугра Бэра. Составлены карты рельефа исследуемых участков с привязкой по GPS. Исследованы физические свойства почв бугра Бэра и околобугрового пространства в почвенных разрезах по регулярной сетке с шагом 20 м на участках южного и восточного склонов бугра. Тип бурых полупустынных почв от вершины бугра по восточному склону сменяется солончаком гидроморфным и затем аллювиальными дерновыми опустынивающимися почвами. На южном склоне распространена в основном

бурая полупустынная почва, которая в прибугровом пространстве приобретает признаки окультуренности. Были построены картосхемы исследуемых участков по физическим свойствам и картосхемы содержания легкорастворимых солей (ЛРС).

Известно, что почвы бугров Бэра в основном имеют тяжелосуглинистый состав, и сложены, т.н. «шоколадными» глинами. Но для исследуемой почвы на вершине бугра Бэра был определен гранулометрический состав не типичный для бэровских бугров. Данные лазерной дифрактометрии показали, что почва бугра Бэра имеет супесчаный гранулометрический состав по всему профилю, причем максимум частиц приходится на мелкозернистую фракцию 100–250 мкм (до 70%) и практически отсутствует илистая фракция (2–3%). По данным пипет-метода получаются отличные результаты – содержание илистой фракции колеблется от 10 до 20%, что, вероятно, связано с коагуляцией частиц. Другие физические свойства подтверждают результаты гранулометрического анализа: невысокое содержание ЛРС (0,2–0,8%) с небольшим пиком на глубине 40 см, повышенную плотность сложения (1,4–1,7 г/см³) и повышенную водопроницаемость 18–30 см/час. Почвы прибугрового пространства обоих участков имеют средне- и тяжелосуглинистый характер, повышенную плотность сложения (1,4–1,5 г/см³) и высокое сопротивление пенетрации (1,5–2,5 МПа), но почвы восточного склона более уплотненные и более слитые. Почвы обоих склонов – засоленные и содержание солей с глубиной увеличивается, но для восточного склона (1–3%) засоление выше в два раза по сравнению с южным склоном (0,2–1,5%). Водопроницаемость для южного склона также в целом выше (в среднем 10–14 см/час), по сравнению с восточным склоном (в среднем < 4 см/час). Таким образом, исследования показали, что бурая полупустынная почва на бугре Бэра по физическим свойствам сильно отличается от почв околобугрового пространства, хотя более близка к бурой полупустынной почве на склоне южной экспозиции и, видимо, имеет иное происхождение, чем почвы окружающего пространства, в котором доминируют процессы динамического солончакообразования. Точное же определение гранулометрического состава почв бугров Бэра представляет определенную проблему, – разными методами можно получить от супеси до тяжелой глины. Это связано с особыми свойствами устойчивых солевых микроагрегатов этих почв.

УДК 631.

УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ И ЭНЕРГЕТИКА СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ

Джафаров А.М.¹, Манафова А.М.¹, Мамедов Н.А.², Герайзаде А.П.¹

¹*Институт почвоведения и агрохимии, Баку, Азербайджан;*

²*Бакинский государственный университет; gerayzade-akif@rambler.ru*

В данной работе почва рассматривается как полидисперсная гетерогенная система с соответствующим поглощающим комплексом, зависящим от удельной поверхности ее составных частей и определяющим ее плодородие.

Удельная поверхность почв и энергетика суммарного испарения исследуются в различных вариантах, включающих как традиционные, так и тепло-, и электрофизические измерения.

Установлены корреляционные зависимости между удельной поверхностью и теплотой смачивания почв, между теплотой смачивания и содержанием гумуса, поглощающим комплексом, илистой фракцией и т. д.

Выявлены прямые и обратные зависимости между удельной поверхностью почв и их электрическими и теплофизическими характеристиками. Показано, что удельная поверхность непосредственно связана с энергетическими показателями почв. Показано, что значения удельной поверхности, найденные различными физическими методами, близки к ее традиционно найденным значениям.

Полученные корреляционные зависимости предлагаются для компьютерного анализа различных свойств почв, определяющих ее плодородие.

С другой стороны для построения общей количественной концепции испарения почвенной влаги необходимо располагать частными зависимостями ее от различных аргументов. В первую очередь испарение зависит от метеорологических условий, состоянием приземного слоя атмосферы и режима влажности почвы, которые в свою очередь оказывают на него обратное воздействие.

В условиях сухо-степных районов основной расходной частью водного баланса в период вегетации растений является суммарное испарение, величина которого приблизительно приравнивается к величине водопотребления сельскохозяйственного поля, используемого под различные культуры. Между урожайностью сельскохозяйственных растений и суммарным водопотреблением существует связь, определяющаяся наряду с их биологическими свойствами, также и почвенными, климатическими, агротехническими, агромелиоративными и прочими характеристиками среды.

Изучение внешних физических факторов, основывающееся на определении процессов обмена веществ и энергии между растительным покровом и окружающей средой, показывает, что лимитирующим суммарное испарение показателем является величина энергетического баланса, алгебраическое выражение которого в данном случае включает энергетический баланс, кал/см²; теплообмен с нижним слоем атмосферы, кал/см²; теплообмен с литосферой, кал/см²; скрытую теплоту испарения, кал/г; величину суммарного испарения, мл; теплотворную способность биомассы почвенного покрова, кал/г; конечный продукт процесса фотосинтеза и дыхания растительного покрова и связанные с ними явления.

Теплотворная способность растительного вещества определялся с помощью специального устройства с калориметрической бомбой для сжигания горючих материалов.

УДК 631.432.26

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ

Егоров Ю.В., Судницын И.И., Бобков А.В., Кириченко А.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, iisud@mail.ru

Известно, что при частоте электрического тока более 50 КГц электрическая емкость почв (С, пФ) мало зависит от концентрации солей в почвенном растворе и (в первом приближении) прямо пропорциональна объемной влажности почв (W, г/см³). Структура почв, влияя на конфигурацию электрических полей в почвах, может влиять и на параметры зависимости С от W, однако систематические исследования в этом направлении не проводились. В данной статье приводятся результаты исследований влияния почвенных агрегатов на параметры зависимостей С от W.

Исследования проводили на образцах, взятых из различных генетических горизонтов тяжелосуглинистой дерново-подзолистой, среднесуглинистой аллювиальной темногумусовой и легкосуглинистой дерновой аллювиальной почв, содержащих значительное количество агрегатов крупнее 0.25 мм. Каждый почвенный образец был разделен на 2 порции; в одной из них естественная структура сохранялась, а в другой – структурные агрегаты крупнее 0.25 мм были разрушены при помощи растирания в фарфоровой ступке и просеивания через сито с диаметром отверстий 0.25 мм.

Образцы почв с разрушенной и неразрушенной структурой помещали в капилляриметры, в которых по оси цилиндрических образцов почв размещались цилиндрические керамические тонкопористые фильтры, соединенные с вакуумной системой через стеклянные измерительные бюретки. Плотность почв в капилляриметрах была близка к естественной (1.2 г/см^3). Перед началом измерений почвы в течение суток насыщали водой. Затем в фильтрах последовательно создавали различные уровни разрежения; в результате этого вода из почвы постепенно перетекала в вакуумную систему и W уменьшалась. Ее рассчитывали по количеству воды, поступавшей в измерительные бюретки в течение опыта, с точностью $\pm 0.001 \text{ г/см}^3$.

Одновременно с W определяли C . Для этого в почве на расстоянии 10 мм от фильтров были размещены датчики для измерения C , представляющие собой скрученные в виде спирали двухжильные изолированные медные провода ТРП длиной 2 м. Измерения проводили на частотах в диапазоне $50 \text{ КГц} \div 1 \text{ МГц}$ при помощи прибора Е7-9 с точностью $\pm 1 \text{ пФ}$.

По мере уменьшения W уменьшалась и C . Зависимости C от W для всех почвенных образцов оказались линейными ($C = A + k \cdot W$, где A [пФ] и k [пФ·см³/г] – эмпирически определяемые параметры). Между значениями C и W существуют высокие коэффициенты корреляции ($r = 0.97 \div 0.99$ при уровне значимости ≤ 0.05). Это означает, что между этими значениями существует весьма тесная связь: с вероятностью 95% варьирование C на 94–98% связано с варьированием ее W , и лишь на 2–6% варьирование этих признаков осуществляется взаимно независимо.

Значения k в почвах с неразрушенной структурой варьировали в интервале $41 \div 73 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ (среднее значение $56 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$), а с разрушенной – $6 \div 19 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ (среднее значение $11 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$). Таким образом, разрушение структурных агрегатов уменьшило k в 5 раз. Это позволяет использовать величину k в качестве критерия при оценке структурного состояния почв: почвам структурным соответствуют значения k , большие, чем $40 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$; почвам с частично разрушенной структурой – от 40 до $20 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ и почвам бесструктурным – меньшие, чем $20 \text{ пФ} \cdot \text{см}^3/\text{г}$.

МИКРОКЛИМАТ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ Г. МОСКВЫ

Ермакова Е.В., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Раппопорт А.В.

*МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, e-katerinka68@rambler.ru,
a.umarova@gmail.com;*

Температурный и водный режимы почв являются важнейшими факторами, определяющими функционирование растительности и почвенной биоты. В условиях города значительная часть территории находится под асфальтобетонными покрытиями и зданиями, что ведет к перераспределению тепла и влаги и изменению микроклимата всей почвенной экосистемы.

Для исследования особенностей микроклимата почвы в условиях города Москвы были выбраны 3 участка с различным температурным фоном – ботанический сад МГУ имени М.В.Ломоносова и территория внутреннего двора поликлиники № 202, располагающиеся на прохладной территории озелененного Юго-западного административного округа и территория Аптекарского огорода на проспекте Мира в пределах более нагретого Северо-восточного административного округа. Были заложены 11 контрольных точек с контрастными условиями на поверхности: под паром, под травянистой и древесной растительностью и на различном удалении от асфальтобетонных покрытий и строений.

На всех площадках были заложены почвенные прикопки, проведены морфологические описания почв. На глубинах 1, 10, 20, 30, 50 см были определены плотность, влажность, водопроницаемость, пенетрация почв, произведен отбор почвенных образцов, установка термодатчиков, запрограммированных на 3-х часовой шаг измерений. В течение лета 2011 г. проводились еженедельные определения влажности почвы на тех же глубинах.

Было обнаружено, что почвы с разными условиями на поверхности сильно отличаются по своим физическим и химическим свойствам.

В летний период почвы ботанического сада оказались более увлажнены, чем почвы во внутреннем дворе поликлиники. Наиболее высокие значения влажности наблюдались на площадке, оставленной под паром, хотя анализ значений влажности на поверхности почвы выявил максимальное среднее значение исследуемой величины на участке, расположенном у бордюра. Самый иссушенный оказался участок внутри двора поликлиники под древесной растительностью.

Максимальные значения температуры были зафиксированы на участках, расположенных вплотную к асфальтобетонному покрытию, как на территории ботанического сада МГУ, так и во внутреннем дворе поли-

клиники. Наименее нагретыми оказались почвы под древесной растительностью. На поверхности контраст температур почв между точкой, расположенной около асфальтобетонной дорожки, и точкой под деревьями составлял в среднем $6,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, с глубиной температурные различия становились менее заметными и составили $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, большое влияние на микроклиматические условия почвы оказывает местоположение участка – выявилось сильное варьирование значений температуры и влажности на территории ботанического сада, в то время, как в пределах внутреннего двора поликлиники разброс значений был гораздо меньше. Температура и влажность колебались в значительно меньших пределах вследствие нивелирующего эффекта здания, окружающего исследуемый участок.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-04-01297, 10-04-00993

УДК 630.53+631.425+631.43

СОРОКАЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ СВЯЗАННОГО ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА

Ильин И.Р.

*Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Тирасполь, e-mail: pniish@yandex.ru*

Почвенный воздух состоит из пяти фракций – свободного, защемленного, адсорбированного, растворенного в почвенной влаге и пузырькового. Суккмарное содержание четырех

последних фракций я назвал связанным почвенным воздухом. Создана установка для его

определения, выведены формулы и разработан соответствующий алгоритм. Детально

изучена динамика содержания связанного воздуха, характеризующая его растворимость в

почвенной влаге, в зависимости от периодичности взвешивания цилиндров из нержавеющей стали с почвой. Опыт заложен в 1970 г. и продолжается до настоящего времени. Для вычисления содержания связанного почвенного воздуха необходимо знать плотность и экспериментально определенную полную влагоемкость почвы, поэтому изучена динамика и этих величин.

В 1970–1974 гг. цилиндры, заполненные аллювиальной луговой слоистой карбонатной среднемогущей легкоглинистой крупнопылеватой-иловатой почвой поймы реки Днестр, взвешивали ежемесячно. Ка-

ждое взвешивание цилиндров неизбежно связано с извлечением их из заполненных водой отсеков установки и поступлением в почву атмосферного воздуха. За пять лет плотность почвы возрасла с 1,000 до 1,008 г/см³, влагоемкость уменьшилась с 57,3 до 53,8% от массы сухой почвы, содержание связанного воздуха увеличилось с 4,9 до 7,7% от объема почвы.

В 1975–2011 гг. цилиндры взвешивали один раз в год, и картина резко изменилась. Продолжалось только уплотнение почвы. Влагоемкость, снижавшаяся при частых взвешиваниях, увеличилась; содержание связанного воздуха, ранее возраставшее, снизилось. В среднем за 1975–1984, 1985–1993 и 1994–2002 гг. плотность почвы равнялась соответственно 1,010, 1,014 и 1,018 г/см³, влагоемкость – 56,2, 59,0 и 59,7% от массы сухой почвы, содержание связанного воздуха – 4,3, 1,8 и 0,6% от объема почвы.

В 2003 г. институт не отапливали, почва при длительной отрицательной температуре промерзла, и взвешивания пришлось перенести с зимы на лето. Плотность почвы снизилась с 1,021 до 1,014 г/см³, влагоемкость – с 59,7 до 58,8%, а содержание связанного воздуха возросло с 0,3 до 1,9%. В среднем за последние восемь лет (2004–2011 гг.) эти величины равнялись соответственно 1,022 г/см³, 58,3% и 1,6%. Минимальное содержание связанного воздуха (0,3% в 2002 г.) было почти достигнуто (0,4%) только в 2011 г.

Вероятно, при очень длительном непрерывном полном насыщении почвы водой связанный воздух может полностью раствориться в почвенной влаге. Такие условия создаются в толще грунтовых вод, на протяжении очень длительного времени находящейся ниже зоны аэрации и корнеобитаемого слоя почвы. Можно утверждать, что в растения поступает почвенная влага, всегда содержащая то или иное количество связанного воздуха. Характеризуя водный режим корнеобитаемого слоя почвы, нужно оперировать не общими запасами почвенной влаги, как это нередко встречается даже в серьезных научных публикациях, а запасами усвояемой влаги, то есть воды, находящейся в диапазоне НВ¹ – ВЗ (влажность почвы, определенная через сутки после заливки площадок – почвенная влажность устойчивого завядания растений). Более полную характеристику водного режима почвы можно получить, дополнительно используя данные по динамике запасов доступной почвенной влаги, находящейся в диапазоне НВ¹ - ВРК (влажность разрыва капиллярной связи).

ЗАВИСИМОСТЬ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ОТ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ И ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ

Кириченко А.В.¹, Зайцева Р.И.², Егоров Ю.В.¹, Муромцев Н.А.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва;

²Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, elrish@yandex.ru

В основе проведения опытов методика проращивания семян горчицы сарептской при постоянной влажности почвы и различной концентрации солей в почвенном растворе (ПР). Использовались тяжелосуглинистый чернозём обыкновенный (Воронежская обл.) и среднесуглинистая светло-каштановая почва (Волгоградская обл.). Содержание гумуса соответственно 4,8% и 1,4%, сумма обменных оснований 33 ммоль-экв и 14 ммоль-экв на 100 г почвы и МГ 14% и 8,3%. Чернозем увлажнялся до 33% (оптимальная влажность) хлоридами натрия, калия, кальция и магния в концентрации 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 моль-экв/л и сульфатами натрия и магния – 0,05; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0 моль-экв/л в диапазоне от порога токсичности (< 0,1% для хлоридов и < 0,3% для сульфатов) до сильной степени засоления. Светло-каштановая почва увлажнялась до 24% растворами такой же концентрации. В ПР-ах оказалось Na_2SO_4 в 3–4 раза, а MgSO_4 в 5–6 раз меньше, чем в поливном растворе. После 12-дневного наблюдения за всходами была измерена длина проростков. Определялась относительная длина (h/h_0) растений в сравнении с контрольным вариантом (H_2O дист). Измерялось электрическое сопротивление образцов почвы прибором АЭ-72 по четырехэлектродной схеме в кювете объемом 6,2 см³. Результат измерения пересчитывался в величину удельной электропроводности ($E_{\text{мСм/см}}$). Определение осмотического давления ($-P_{\text{атм}}$) влаги проводилось на образцах почвы криоскопическим методом (с термометром Бекмана). Зависимость h/h_0 проростков от величины электропроводности и P линейна. Отмечаются характерные точки: величина критического засоления, когда начинается замедление роста, и предельное засоление, когда проростки не возникают. Составлены уравнения регрессии $y=a-bx$ с коэффициентом детерминации $0,86 \pm 0,01$. Определены критические значения P и электропроводности почвы. Концентрация хлоридов в отжатом ПР находилась в пределах 0,025–0,05, а сульфатов – 0,08–0,09 моль-экв/л. Предельные значения P и элек-

тропроводности соответствовали концентрации хлоридов в интервале 0,3–0,4; сульфатов – 0,4–0,6 моль-экв/л. Выяснилось, что критические значения электропроводности для разных почв и солей близки.

Для чернозёма найдено:

– $R_{кр.атм}$: KCl (4,3); NaCl (2,6); CaCl₂ (4,9); MgCl₂ (2,5); Na₂SO₄ (2,4); MgSO₄ (1,3)

$E_{мсм/см}$: KCl (2,8); NaCl (2,4); CaCl₂ (2,6); MgCl₂ (2,2); Na₂SO₄ (2,0); MgSO₄ (1,9).

Для светло-каштановой почвы:

– $R_{кр.атм}$: KCl (3,3); NaCl (3,0); CaCl₂ (2,1); MgCl₂ (2,5); Na₂SO₄ (3,2); MgSO₄ (2,1);

$E_{мсм/см}$: KCl (2,0); NaCl (2,0); CaCl₂ (1,8); MgCl₂ (1,5); Na₂SO₄ (1,6); MgSO₄ (1,6).

Критические значения – $R_{кр.атм}$ ПР близки при испытании солей на светло-каштановой почве, но различны на чернозёме. Здесь выделяются две группы солей с близкими значениями Р и вариант с MgSO₄, когда рост замедляется при максимальной доступности влаги из-за специфического влияния ионного состава ПР.

Предельные значения – $P_{пр.атм}$ и $E_{мсм/см}$, при которых всходы отсутствуют, оказываются неодинаковыми для разных солей по причине токсичности.

Для чернозёма:

– $P_{пр.атм}$: KCl (23); NaCl (19); CaCl₂ (15); MgCl₂ (18); Na₂SO₄ (11); MgSO₄ (7);

$E_{мсм/см}$: KCl (12); NaCl (8,2); CaCl₂ (7,4); MgCl₂ (7,6); Na₂SO₄ (5,9); MgSO₄ (4,4);

для светло-каштановой почвы:

– $P_{пр.атм}$: KCl (22); NaCl (17); CaCl₂ (18); MgCl₂ (21); Na₂SO₄ (15); MgSO₄ (11);

$E_{мсм/см}$: KCl (10); NaCl (7,0); CaCl₂ (8,0); MgCl₂ (7,8); Na₂SO₄ (5,0); MgSO₄ (4,4).

Засоление MgSO₄ в 2–3 раза токсичнее, чем KCl. Но для исследованных почв показатели близки, особенно в отношении электропроводности. Полученные результаты могут быть использованы для экспресс-оценки засоленности почв в агроландшафтном земледелии. Корреляция между Р влаги и электропроводностью почвы позволяет для этой цели использовать результаты измерения электропроводности при оптимальной влажности засоленной почвы.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ: ПРИМЕРЫ РОССИЙСКИХ ПОЧВ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТОДА

Корост Д.В.^{1,3}, Герке К.М.^{2,3}, Скворцова Е.Б.³

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, dkorost@mail.ru

² Институт динамики геосфер РАН, Москва, cheshik@yahoo.com

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, eskvora@mail.ru

Строение почвы, особенно ее порового пространства, определяет многие почвенные свойства. Точная информация о морфологии пустотного пространства позволяет проводить моделирование большинства физико-химических свойств почв. До последнего времени наиболее популярными методами морфологического изучения строения почвы являлся анализ почвенных шлифов и сколов с помощью оптических и электронных микроскопов. Эти методы имеют два существенных недостатка: 1) полученные данные характеризуют двухмерное строение почвы, 2) при анализе может нарушиться целостность образца. Получающий все большую популярность метод рентгеновской томографии позволяет получать трехмерные изображения почвенной структуры без ее разрушения.

В настоящем исследовании описываются методы и результаты томографического исследования почв. Дается краткий обзор истории возникновения метода и начальных этапов его использования в почвоведении, приводится список основных достижений и результатов, полученных с помощью томографии.

Впервые метод рентгеновской томографии применен к российским почвам, что позволило получить с разрешением 15,8 мкм трехмерные изображения почвенной структуры и порового пространства гумусовых горизонтов целинных дерново-подзолистой и серой лесной почвы европейской территории России. Результаты исследования наглядно продемонстрировали возможности метода и визуализировали морфологические особенности комковато-порошистой и комковато-зернистой структуры суглинистых почв.

Проведено обсуждение основных преимуществ томографии по сравнению с традиционными морфологическими и микроморфологическими методами: 1) трехмерности получаемых изображений, 2) высокой скорости получения результатов, в том числе возможности проведения точного трехмерного мониторинга изменения строения почвы, влажности и других параметров с высоким разрешением (до мкм), 3) неинвазивности метода (исследование происходит без изменения строения и свойств образца).

На основе обзора литературы показано, что трехмерные данные о строении агрегатов и порового пространства позволяют повысить качество расчетов гидрофизических и аэрационных свойств почвы, визуализировать мониторинг техногенных и агрогенных изменений почвы (окультуривание, деградацию, переуплотнение, вымывание органического вещества и т. п.) и обратных процессов восстановления и структуризации, проводить количественное описание трехмерной структуры почвы и т. д.

В заключение намечены основные приоритетные направления томографических исследований в почвоведении. Особо отмечена возможность изучения структуры почвы при разных масштабах: 1) в образцах размером в несколько сантиметров с разрешениями до 1 мкм на микротомографах, и 2) в образцах размером до метра с разрешениями до сотен мкм на медицинских томографах. Качественное описание и совмещение данных о структуре пористых тел при различных масштабах возможно с помощью методов статистической физики.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ проект № 10-04-00353а.

УДК 631.4

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Кураченко Н.Л.

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, e-mail
kurachenko@mail.ru*

Широкое развитие деградации почв в условиях нарастающего антропогенного воздействия, с одной стороны, требует принятия мер по охране почв и почвенного покрова для поддержания естественных механизмов функционирования биосферы и условий жизни человека, с другой, ставит задачу разработки подходов, стратегий поведения и технологий воздействия на почву, обеспечивающие их рациональное и долговременное использование без негативных последствий. Обобщая материалы по оценке агрофизического состояния черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи в системе «целина-пашня», можно выделить основные закономерности их агрогенной трансформации.

Сельскохозяйственное использование почв приводит к изменению морфологии структурной организации гумусовой толщи их профилей,

проявляющейся в деформации форм, размеров педов и их внутripедной организации. Преобладающие зернистые структуры в гумусовых горизонтах трансформируются в глыбистые, комковатые и пороховидные отдельности в черноземах и в ореховатые и глыбистые педы в серых лесных почвах.

Особенности внутripрофильного распределения основных гранулометрических фракций почв агроценозов мало, чем отличаются от целинных аналогов, что свидетельствует о стабильности минеральной массы исследуемых почв. Относительное обезыливание пахотного слоя на 8–11% выявлено только в черноземах выщелоченных.

Высокая устойчивость агрегирующих связей микроструктуры сохраняется при сельскохозяйственном освоении почв. Исключение составляют черноземы выщелоченные, использование которых в пашне приводит к количественному изменению микроструктурной организации твердой фазы.

Черноземы выщелоченные Красноярской лесостепи, обладая отличной оструктуренностью в ненарушенном состоянии, сохраняют её в условиях сельскохозяйственного использования. Черноземы обыкновенные на пашне теряют 15% агрономически ценных агрегатов, но остаются хорошо оструктуренными. Процесс агрогенной дезагрегации почвенной структуры в серых лесных почвах выражен более существенно, нежели в черноземах. Здесь наблюдается снижение содержания агрономически ценных фракций до 33–37%. Сельскохозяйственное использование темно-серых и серых лесных почв нивелирует структурный состав их пахотных горизонтов.

Вовлечение в сельскохозяйственные угодья черноземов обыкновенных и серых лесных почв существенно не отражается на их агрегатном составе. В наибольшей степени трансформируются пахотные горизонты черноземов выщелоченных, где снижение водоустойчивости структуры на 22% сопряжено с обезыливанием и разрушением микроагрегатов. При этом показатели их агрегатного состава не выходят за гипотетически оптимальные пределы.

Полученные данные о количественных изменениях основных уровней структурной организации почв региона необходимы для оценки степени физической деградации и разработки обоснованного прогноза их изменения при агрогенном воздействии.

**ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ НА СУТОЧНУЮ ДИНАМИКУ
ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ****Мазиров И.М.***РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, moonlyrical@mail.ru*

Температура почвы имеет существенное значение для функционирования наземных экосистем. Она определяет возможность прорастания семян, рост корневой системы, нарастание надземной вегетативной массы. От температуры зависят такие жизненно важные процессы, как фотосинтез, дыхание, транспирация. Обычно в почвоведении используются параметры, отвечающие за теплообеспеченность наземных экосистем, такие как сумма температур $>10^{\circ}\text{C}$, отношение температур воздуха над поверхностью почвы и в почве на глубине 20 см и др. Однако, большое значение имеет и суточный ход температуры в различных слоях почвы. Эта динамика имеет синусоидальный характер, соответствует суточному солнечному ритму, которому подчиняются и многие биологические наземные и почвенные экологические процессы. Поэтому изучение суточного хода температуры в различных её слоях представляет весьма важную экологическую задачу.

Цель нашей работы – экспериментальное изучение суточной динамики температуры в различных слоях дерново-подзолистой супесчаной почвы на двучленных отложениях в естественных и увлажненных условиях.

Были поставлены следующие задачи: с помощью программируемых термодатчиков изучить экспериментально суточную динамику температуры (послойно) в почве; послойное изучение влажности почвы; получение и анализ зависимости температуропроводности от влажности для различных слоев почвы.

Термодатчики располагались на опытном поле ВНИИОУ (г. Владимир). Почва – дерново-подзолистая супесчаная на двучленной породе (супесь на моренном суглинке). Состав угодья чистый пар. Датчики устанавливали в разрезе на глубинах: 0 (датчик на поверхности почвы), 10, 20, 30, 40 и 60 см. Они установлены в 2-х вариантах (разрезах): КОНТРОЛЬ – в естественной почве при естественной влажности на момент установки датчиков. ОПЫТ – почва с установленными датчиками залита 35 литрами воды на площадке 50x50 см. Бурение на влажность производилось ежедневно в 10–11 часов.

Влажность в слое 0–10 см была выше в увлажненном варианте на 0,97% и составляла 11,72%, в слое 10–20 см на 0,49% (составляла

11,25%), в слое 20–30 см на 0,77% (составляла 10,09%). Однако в слое 30–60 см влажность была выше на контрольном варианте. Это может быть объяснено разностью глубин залегания горизонтов.

Сравнивая с показаниями датчиков находившихся на поверхности, в обоих вариантах увлажненная почва нагревалась медленнее, чем в естественном варианте, но быстрее передавало тепло нижним слоям, что обусловлено большей теплопроводностью влажной почвы. Температура поверхности естественной почвы приходила к максимуму в среднем на 10–30 минут раньше, чем увлажненная, также и к минимуму температура поверхности естественной почвы приходила раньше, чем увлажненная на 10–20 минут. Однако на нижележащих горизонтах наблюдалась другая тенденция, прогревание и охлаждение слоёв происходило быстрее на увлажненном варианте. На глубине 10 см временной промежуток между максимальным прогревом увлажненной и естественной почвой составляло 30–40 минут, на глубине 20 см – 40–60 минут, на глубине 30 см – до 90 минут, а на глубине 40 см – до 210 минут. На глубине 10 см минимальная температура наступала в среднем в 7:00 часов утра, что на 30 минут раньше естественного варианта. На глубине 20 см увлажненный вариант остывал быстрее на 40–50 минут, 30 см – 90 минут, 40 см – 130 минут. На глубине 60 см температура почвы в обоих вариантах была вполне стабильная и составляла 20,5–21,5⁰С. Суточные колебания температуры на этой глубине не прослеживались.

Таким образом, поверхность влажной почвы нагревалась медленнее естественной, но нижележащие горизонты на влажном варианте, в связи с большей теплопроводностью, достигали свои максимальные и минимальные точки быстрее контрольного варианта, и с глубиной разрыв во времени между ними увеличивался. Также и амплитуда колебаний температуры уменьшается с глубиной, и на глубине 60 см уравнивался.

В написании тезисов выражаю благодарность профессорам Шешину Е.В. и Михайлову Ф.Д.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ

Мануچارов А.С.¹, Початкова Т.Н.², Гомонова Н.Ф.³, Харитонова Г.В.⁴

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, manucharova@mail.ru

²МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва;

³МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва;

⁴Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск

На примере исследований, проведенных в опыте, заложенном в 1950 году Н.С. Авдониным на территории АБС Чашниково Московской обл. (ныне Учебно-опытный производственно-экологический центр (УОПЭЦ) «Чашниково»), авторы обобщили сведения о возможных изменениях физических свойств и реологического поведения агродерново-подзолистой почвы при длительном применении системы удобрений и ее последствии. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий) вносили ежегодно, начиная с 1950 г. по 90,60,100 кг д.в. на 1 га соответственно по восьмерной схеме Жоржа Вилля. В 1955, 1961, 1969, 1976, 1987 гг. проводились поддерживающие известкования (по 1 гидrolитической кислотности каждой делянки опыта). Установлено, что при длительном применении минеральных удобрений и в их последствии происходит изменение физических свойств агродерново-подзолистой почвы. При этом положительная роль принадлежит известкованию почвы. Применение минеральных удобрений на известкованном фоне повышает водоустойчивость структуры, увеличивает микроагрегированность элементарных почвенных частиц вследствие накопления в илстой фракции гуматов кальция. При известковании в почве сохраняется устойчивость агрономически ценных агрегатов, снижается значение начальной вязкости и увеличивается удельная мощность предельного разрушения структуры за счет образования прочных конденсационно-кристаллизационных связей. Это ведет к снижению удельного сопротивления при обработке. Длительное применение азотных удобрений и их последствие снижает положительное действие известки. Это ведет к ухудшению структурно-механических свойств агродерново-подзолистой почвы, а значит негативно влияет на развитие растений. Построены реологические кривые зависимости скорости деформации от напряжения сдвига. На контрольном варианте опыта («абсолютный контроль» без ми-

неральных удобрений и известкования) и при внесении азотных удобрений почва проявляет истинную дилатансию. При снятии напряжения восстановление сопротивления деформации может идти двумя путями: первый путь – по типу тиксотропии, что характеризует истинную дилатансию, которая проявляется за счет грубодисперсной фракции песка (подобный процесс происходит в вариантах контрольном при внесении азотных удобрений); второй путь – по типу тикстостабильности и реопексии, что свидетельствует о ложной дилатансии, вызванной наличием прочно сцементированных агрегатов. Ложная дилатансия наблюдается в вариантах с внесением извести. Кальций, являясь хорошим структурообразователем, цементирующим веществом, способствует образованию водопрочных агрегатов, устойчивых к разрушению. С кальцием извести образуются гуматы – хорошие структурообразователи. При известковании происходит расклинивание частиц почвы, что способствует улучшению водопроницаемости, уменьшению липкости, набухания, тиксотропии, повышению содержания кальция в почвенном растворе. Известкование приводит к уменьшению дилатансии в варианте «известь+азот» по сравнению с вариантом «азот», к появлению ложной дилатансии.

УДК 631.445.4: 631.432 (470.324)

ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ

Москвин В.В.¹, Шенн Е.В.², Щеглов Д.И.¹

¹*Биолого-почвенный факультет ВГУ, 394006, Воронеж, Университетская пл., 1,
dzhankui@bk.ru, dpoch@mail.ru;*

²*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва,
Ленинские горы, evgeny.shein@gmail.com*

К настоящему времени весьма актуальными являются исследования и оценка водного режима автоморфных почв Каменной степи, которые преимущественно представлены обыкновенными черноземами. Это связано с наметившимися изменениями в их водном режиме, и, как следствие, проблемами переувлажнения и засоления. Важной, и, безусловно, основной составляющей водного режима автоморфных почв является процесс поступления в нее воды и последующее ее распределение. При изучении водного режима этих почв особого внимания требует процесс впитывания воды в ненасыщенную влагой, сухую почву (инфильтрация), поскольку он обусловлен взаимосвязью структурно-функциональных (фи-

зических и гидрофизических) свойств почвы, главными из которых являются функция влагопроводности (ФВ) и основная гидрофизическая характеристика (ОГХ). Современным и наиболее часто используемым методом изучения почвенных процессов и режимов является моделирование. Модель, основанная на физических законах передвижения влаги в почве, способна с заданной точностью воспроизвести во взаимной связи все режимообразующие процессы, тем самым освобождая человека от выполнения этой весьма трудоемкой задачи. Таким образом, необходимость применения математической модели для расчета водного режима очевидна. Исследования проводились в 2011 году на территории ВНИИСХ им. В.В. Докучаева РАСХН (Каменная степь). Объектами исследований были почвы пашни, представленные черноземами обыкновенными среднемощными среднегумусными легкоглинистыми на лессовидной карбонатной глине. Целью исследований было создание экспериментального обеспечения модели инфильтрации воды в почву и выбор педотрансферных функций для вычисления параметров, при которых модель с максимальной точностью воспроизводит имитируемый процесс (инфильтрацию). Водопроницаемость почвы определяли в поле методом трубок с постоянным напором в девятикратной повторности. Для моделирования водопроницаемости исследуемой почвы было использовано программное обеспечение HYDRUS, модель имитировала соответствующий эксперимент с трубкой, установленной на поверхность почвы. Для этого в качестве входных данных были использованы начальная влажность почвы, усредненная скорость инфильтрации, а также параметры аппроксимации ОГХ функцией ван Генухтена (van Genuchten). В роли почвенного профиля была использована шестислойная модель (верхние 5 слоев толщиной по 20 см и самый нижний – 10 см), где каждый из слоев характеризуется своим гранулометрическим составом по международной классификации (FAO). Для выбора наиболее оптимальных параметров модели последовательно были проведены расчеты с входными данными, вычисленными по различным педотрансферным функциям. Поток воды в почву был принят равным потоку воды в эксперименте на водопроницаемость. Результаты моделирования с разными входными параметрами сравнивались с экспериментальными данными о влажности и глубине промачивания почвы после эксперимента на водопроницаемость (сравнивали профили промачивания). Глубина промачивания почвенного профиля и значения влажности сильно варьируют в зависимости от различных методов нахождения экспериментального обеспечения модели. Результаты моделирования инфильтрационного эксперимента, проведенного по

соответствующим данным 2011 года, показывают, что наилучшим экспериментальным обеспечением для модели являются параметры, вычисленные методом Воронина. Средние погрешностей этого варианта минимальны, а коэффициент корреляции между результатами соответствующих экспериментов превышает 99%. Среднеквадратичная ошибка рассматриваемого варианта меньше $3E-04$. Основываясь на этих данных, можно сделать вывод, что модель воспроизводит эксперимент с самой высокой точностью в случае, когда для нахождения экспериментального обеспечения модели использовали «секущие Воронина» с последующей аппроксимацией данных логистической функцией ван Генухтена. Экспериментальное обеспечение, полученное другими методами, дает более заметные ошибки при его использовании в модели HYDRUS.

УДК 631.432.24

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ) ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ

Муромцев Н.А.¹, Семенов Н.А.², Шуравилин А.В.³, Анисимов К.Б.¹

¹*ГНУ Почвенный институт им. В.В.Докучаева РАСХН, Москва,
murotcev39@mail.ru;*

²*Всероссийский институт кормов им. В.Р.Вильямса, Московская область,
Лобня, vniikormov@nm.ru;*

³*Российский университет дружбы народов, Москва, stanislavpiven@mail.ru*

Внедрение в гидрологические исследования термодинамического (энергетического) метода наблюдается с 50-годов XX века. Были достигнуты значительные успехи в развитии и усовершенствовании гидрофизического подхода в теоретическом и прикладном отношениях. Однако к 90-м годам прошлого столетия и в последующие годы бесконечной перестройки, сначала наметился, а затем и усилился спад в развитии гидрофизических исследований. Это обстоятельство явилось одним из побудительных мотивов подготовки настоящего сообщения.

Суть гидрофизического подхода заключается в том, что закономерности движения, трансформации и формирования влаги и химических веществ в почве оценивается с использованием термодинамического (химического) потенциала воды. Он позволяет объективно и количественно оценить состояние влаги одновременно и/или отдельно во всех частях единой экологической системы «приземный воздух–растительный по-

кров–почва–грунтовые воды». Поток влаги из почвы в растение должен удовлетворять потенциально возможной транспирации (T_0), соответствующей (равной) испаряемости (E_0), т. е. поток влаги ($I \leq AT = T_0 = E_0$ (AT – абсолютная транспирация)). Однако из-за несоответствия скорости потока влаги через границу «почва–корень растения» скорости потока ее на границе «лист растения–атмосфера» часто в природных условиях имеем ситуацию: $I \leq AT < T_0 < E_0$. Для того чтобы иметь реальную, и адекватно отражающую состояние влаги в почве, информацию о том, что мы в данный момент времени имеем: $I \leq AT < E_0$ или $I \leq AT = E_0$, – необходим динамический критерий влагообеспеченности растений, в качестве которого предлагается относительная транспирация (T/T_0). В условиях высокого содержания влаги в почве (около НВ и немного ниже) поток ее в растение компенсирует расход на транспирацию. В это время «усилия» растений направлены в основном на преодоление сопротивления системы «почва–ксилема стебля» движению влаги; силы влагоудержания в этот момент незначительны, перепад потенциала минимален, но достаточен для обеспечения такой плотности потока, который компенсировал бы потери влаги на эвапотранспирацию (суммарное испарение). При дальнейшем уменьшении содержания влаги в почве ее потенциал (R_p) понижается и тем интенсивнее, чем влаги в почве становится меньше. Это приводит к быстрому (интенсивному) понижению потенциала влаги в растениях (R_l), при этом скорость понижения R_l превосходит скорость понижения R_p , в результате чего перепад потенциала в системе увеличивается до максимального значения. Наконец, содержание влаги в почве становится настолько малым, что скорость понижения R_p становится равной скорости понижения R_l , а затем и превышает ее. В этих условиях возрастание перепада потенциала приостанавливается, и в дальнейшем происходит его уменьшение. Следовательно, можно считать, что оптимизация водного режима почв и влагообеспеченности растений сводится к определению (установлению) и поддержанию во времени оптимальных интервалов потенциала влаги и относительной транспирации. При этом в качестве критерия оптимальности водного режима могут быть использованы и значения потенциала влаги в системе почва–лист, и значения T/T_0 . Одновременно они будут являться и критериями (параметрами), необходимыми при решении вопроса о сроках и нормах полива. Для каждого вида растений можно выделить (и во многих случаях выделен) определенный узкий оптимальный интервал потенциала почвенной влаги, при котором условия водного питания растений таковы, что T/T_0 не снижается ниже оптимального уровня (1.0–0.9).

СЪЁМКА В ТЕПЛОВОМ ДИАПАЗОНЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Пономарев Е.И., Пономарева Т.В.

Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск, evg@ksc.krasn.ru

На сегодняшний день остается актуальной разработка методов изучения и мониторинга состояния почв с использованием новейших достижений техники и электроники.

Одним из методов изучения физических свойств почв является проведение инфракрасной съемки. Под инфракрасной съемкой понимают регистрацию электромагнитного излучения объектов в инфракрасной (ИК) области спектра. Особый интерес представляет съемка в среднем и дальнем диапазонах ИК области спектра, где преобладает собственное излучение объектов земной поверхности, при этом интенсивность ИК излучения обусловлена их тепловым состоянием. В этих целях перспективно использовать информацию, получаемую дистанционно со спутников, например NOAA и TERRA. При этом, для точного количественного определения температур поверхности по спутниковым снимкам в общем случае требуется наземная калибровка данных.

Методической основой проведенных исследований служат физические показатели взаимодействия электромагнитных излучений с объектами подстилающей поверхности, наблюдаемые с помощью наземных съемок собственного теплового излучения почвенно-растительного покрова. Задача исследования состояла в оценке коэффициентов теплового излучения конкретных природных объектов, которые далее можно использовать в качестве спектральных дешифровочных признаков при проведении спутникового мониторинга.

Формирование температурных полей в почве определяется ее теплофизическими свойствами: теплоемкостью, тепло- и температуропроводностью, которые в свою очередь являются функциями целого ряда почвенно-физических факторов, таких как влажность, гранулометрический состав, плотность, порозность, содержание органического вещества, температура. Все это обуславливает неоднородность почв по теплофизическим параметрам.

В работе представлены результаты изучения теплофизических свойств дерново-подзолистых почв, проводившегося в южной тайге Красноярского края. Калибровочные данные получены на локальном тестовом полигоне на территории стационара Института леса "Погорельский бор". На экспериментальных участках в сосняке бруснично-зелено-

мошном, сосняке разнотравно-зеленомошном, осиннике осочково-разнотравном с помощью тепловизора FLIR Systems InfraCam получены радиометрические характеристики поверхности почв. Построены карта-схемы распределения тепловых полей на экспериментальных участках.

Впервые получены снимки в тепловом ИК диапазоне почвенных профилей дерново-подзолистых и серых почв. Использование подобных снимков в короткие сроки позволяет получать данные о температуре почвы в любой точке почвенного профиля и прогнозировать скорость и характер изменений температурных полей.

УДК 631.43

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Початкова Т.Н., Николаева И.В.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, PochatkovaTN@mail.ru

Реологические исследования позволяют вскрыть внутреннюю природу прочностных свойств, получить представление о преобладающих типах структурных связей и дать интегральную оценку прочности связей, участвующих в образовании агрегатов почвы.

Цель работы: с помощью реологических исследований установить особенности поведения дерново-подзолистой почвы сельскохозяйственного использования при различном времени взаимодействия с водой, определить преобладающей тип связи и определить размеры агрегатных фракций наиболее подверженных различным изменениям при сдвиге.

Объектом исследования был горизонт Апах. дерново-подзолистой почвы с многолетнего опыта УОПЭЦ Чашниково Московской области Солнечногорского района, варианты «контроль», «азот», «контроль+известь», «азот+известь». Почва среднесуглинистая, имеет хорошую водопрочность и высокое содержание агрономически ценных агрегатов.

Реологические свойства были определены на ротационном вискозиметре РЕОТЕСТ–2 с цилиндрическим устройством, процессы сдвиговых изменений изучали в режиме установившегося течения методом постоянства скорости деформации. Измерения проводили при часовом, суточном и недельном набухания образцов почв нарушенного сложения. Рассчитаны реологические параметры: пределы прочности,

вязкости и удельная мощность предельного разрушения структуры (ΔS). Через час после насыщения влажность достигала величины капиллярной влагоемкости, почва приобретала вязко-текучую консистенцию. Статистический анализ не показал достоверных различий по степени максимального набухания между исследуемыми вариантами. Однако известкованные образцы в первые минуты контакта с водой показывали резкое отрицательное набухание.

Для всех вариантов характерна временная последовательность увеличения напряжения сдвига от скорости деформации: «сутки – момент – неделя». Следовательно, через сутки после насыщения в структуре образца происходят изменения, ведущие к ослаблению межчастичных связей, понижению основных пределов прочности. Недельное набухание приводило к усилению прочностных свойств и повышению начальной вязкости системы, особенно в известкованных образцах. При этом основная реологическая кривая имеет пилообразный характер, что является типичным для дилатантных систем. Пилообразность возникает при небольших скоростях сдвига и начинается с резкого снижения прочности без тенденции к восстановлению, что говорит о разрушении слабых коагуляционных связей тиксолабильного характера. Реологическая кривая, варианта «момент» имеет несколько характерных изгибов, указывающих на наличие фрагментарных образований, различающихся по пределам прочности. Все варианты исследуемой почвы характеризуются упрочнением во времени, происходящим в основном за счет механического уплотнения грубодисперсной фракции. Интегральная величина ΔS четко разделяет известкованные и неизвесткованные варианты, особенно после недельного набухания. Внесение извести в несколько раз увеличивает значение ΔS за счет образования прочных внутриагрегатных конденсационных связей. Для пахотного горизонта характерно постепенное медленное тиксотропное восстановление структур, проявляющееся, однако не в полной мере, судя по появлению на реологических кривых петель реопексии. Площадь петель реопексии неоднозначно связана со временем насыщения водой. Общий вид основной реологической кривой горизонта Апах. дерново-подзолистой почвы – тиксотропно-дилатантный, реопексия. Преобладающий тип связей – конденсационно-коагуляционный. Сдвиговая деформация вызывает разрушение почвенной структуры определенного размера: при резком непродолжительном контакте с водой разрушению подвергаются агрегаты (1–0,5 мм), а при увеличении времени набухания до недели – микроагрегаты (0,25–0,05 мм).

ОБРАЗОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВОЗДУШНО-СУХИХ ПОЧВ С ВОДОЙ

Пузанова А.Е., Федотов Г.Н., Поздняков А.И.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, gennadiy.fedotov@gmail.com

В настоящее время общепризнано, что почвенные коллоиды в виде гелей покрывают и связывают почвенные частицы между собой, обеспечивая существование почвы как системы с определенным набором свойств.

Одними из важнейших свойств, характеризующих подобные системы, являются структурно-механические свойства.

Целью настоящего исследования являлось изучение изменения воздушно-сухих почв при их взаимодействии с водой.

При приготовлении образцов для исследования воздушно-сухую почву смешивали с водой, количество которой обеспечивало получение почвы с определенной влажностью. После этого почву загружали в ячейку ротационного вискозиметра Брукфилда. Изучали изменение напряжения сдвига в системе от времени взаимодействия почвы с водой при заданной скорости сдвига.

Было установлено, что в течение первых 4–5 часов во всех случаях наблюдается увеличение напряжения сдвига от времени, прошедшего после начала взаимодействия воздушно-сухих почв с водой.

Подобный результат был ожидаемым, но при проведении исследований выяснилось, что нарастание напряжения сдвига происходит не монотонно, а в колебательном режиме.

Было обнаружено, что появление колебаний напряжения сдвига происходит не всегда, а зависит от влажности почвы и скорости вращения шпинделя. В одних случаях возникали периодические колебания напряжения сдвига, причем амплитуда и частота колебаний постепенно изменялись, в других случаях периодичность отсутствовала.

Существование колебаний напряжений сдвига оказалось весьма неожиданным. Было очевидно, что в данном неравновесном процессе мы столкнулись с образованием диссипативных структур, которые, как хорошо известно, могут возникать в системах только при реализации в них положительных и отрицательных обратных связей. Все это делало необходимым искать объяснения обнаруженному явлению с позиций синергетики.

Ранее было показано, что структурным элементом почвенных гелей, определяющих свойства почв, является фрактальный кластер из супер-

молекул гумусовых веществ. При высушивании почвы происходит уплотнение почвенных гелей из-за удаления из них воды. Можно предположить, что это уплотнение гелей является результатом перестройки как самих супермолекул гумусовых веществ, так и образующихся из них фрактальных кластеров в направлении сегрегации гидрофильных и гидрофобных областей.

При добавлении воды, по-видимому, происходит постепенное отделение от гелей фрактальных кластеров. Они имеют мозаичную гидрофильно-гидрофобную поверхность и начинают накапливаться в воде, взаимодействуя друг с другом за счет гидрофобных связей. Как следствие возникают пространственные структуры, что является положительной обратной связью в данной системе.

Однако данные фрактальные кластеры, возникшие при высушивании почв, не обладают равновесной структурой для своего нахождения в воде и должны стремиться перестроиться в более гидрофильные образования.

Для любого процесса структурной перестройки необходимо преодолеть активационный барьер. Если в каком-либо фрактальном кластере структуры энергетическая флуктуация, являющаяся суммой тепловой и механической флуктуаций превысит энергию активации, то этот кластер перестроится.

Увеличение гидрофильности образующихся после перестройки кластеров автоматически уменьшает их стремление к взаимодействию между собой, приводит к росту энергии их взаимодействия с водой и, следовательно, к выделению энергии при перестройке кластеров в локальной точке системы и росту в этой точке температуры.

В свою очередь локальный рост температуры способствует преодолению активационного барьера и может катализировать лавинообразный процесс разрушения структуры, что представляет собой отрицательную обратную связь в системе.

Предложенный механизм для описания наблюдаемых при взаимодействии воздушно сухих почв с водой колебательных процессов позволяет объяснить полученные результаты.

ПЛОЩАДНЫЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Пягай Э.Т.

Почвенный институт им.В.В. Докучаева, Москва, epyagay@gmail.com

Необходимым условием решения агроэкологических задач, основанных на расчетах влаго- и солепереноса в пористых средах, является наличие достоверных сведений о пространственном строении почвенного покрова и гидрофизических свойствах слагающих его слоев. Для значительных по размерам сельскохозяйственных полей или массивов получить такую информацию было и остается по сей день чрезвычайно сложным и трудоемким делом.

Попытки формализовать знания о режимах и процессах, протекающих в ограниченных условиях эксперимента почвенно-грунтовых блоках, в виде обобщенных аналитических или информационных моделей и «встроить» их в пространство поля или массива не принесли желаемых результатов из-за погрешностей, связанных с пестротой почвенного покрова и неопределенностью строения зоны аэрации.

Даже применение в почвоведении мощных и оперативных геофизических технологий и методов, аналогового и численного моделирования, позволивших существенно повысить возможности исследования пространственного строения почвенного покрова и решать практически неограниченное число вариантов одномерных задач переноса влаги и солей в почвах, оказалось недостаточным для решения площадных задач регулирования, прогноза или оценки агроэкологического состояния земель.

Причин здесь несколько, и главной из них является слабая инструментально-аналитическая база поддержки решения площадных агроэкологических задач на модели, отсутствие целостной и эффективной методики профильной оценки гидрофизических параметров почв.

Известно, что при увлажнении почвы атмосферными осадками или орошением часть воды расходуется на инфильтрацию. При поливах, например, по бороздам, инфильтрационные потери могут достигать 50% оросительной нормы, что в конечном итоге приводит к подтоплению, заболачиванию или засолению почв. Следовательно, на землях сельскохозяйственного назначения решение агроэкологических задач связано прежде всего с площадной оценкой и прогнозом изменения водного или водно-солевого баланса почв. Для реше-

ния таких задач широко используется математическое моделирование, основанное на расчетах влаго- или влагосолеперноса в зоне аэрации для различных (заданных условиями экспериментов) начальных и граничных условий.

Рассмотрим один из алгоритмов решения площадной агроэкологической задачи – прогноза подтопления сельскохозяйственных земель, которое вызвано либо длительным орошением, либо краткосрочным избыточным увлажнением (переполивом).

Решение этой задачи можно условно разбить на следующие стадии:

1. Общая (или физическая) постановка задачи. На этой стадии производится визуализация объекта: размеры, конфигурация, строения почвенного покрова исследуемого поля (массива), анализ агрометеорологических, мелиоративных и почвенных данных, а также построение карты неоднородности почвенного покрова. В последнем случае, целесообразно использовать георадарную технологию площадного зондирования, основанную на измерении отраженных электромагнитных импульсов от слоев почв с различной диэлектрической проницаемостью и проводимостью.
2. Стадия формализации модели включает: схематизацию строения почвенно-грунтовой толщи (ПГТ), установление границ между различными схемами строения ПГТ, набор гидрофизических параметров, карт глубин залегания грунтовых вод и дренированности территории (поля), кривой обеспеченности осадками, таблиц графика и норм полива и др.

Здесь наиболее сложным является оценка гидрофизических параметров – кривой влагопроводности и водоудержания, для определения которых предлагается метод, основанный на анализе данных опытных наливов на водопроницаемость.

В целом формализованная модель представляет собой некий набор значений почвенно- гидрологических и гидрофизических параметров, схем, карт и картограмм, как правило, построенных на общей прямоугольной и неравномерной сетке поля.

Такая информационная модель или набор значений, собранный в один файл, представляет собой базу данных для агроэкологической оценки, прогноза и мониторинга состояния почв локального участка (тестового полигона, поля, массива), а их совокупность – базу почвенных данных для территорий следующего порядка (район, область и т. д.).

ВОПРОСЫ ФИЗИКИ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ГОРИЗОНТОВ АГРОЗЁМОВ

Романов О.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
ov_romanov@mail.ru*

Деградация почв не является неизбежным следствием эффективного современного производства и социального развития. Чтобы избежать или ослабить процессы деградации почв необходима оперативная количественная информация о существующих процессах деградации, причинах их возникновения, механизмах и предсказуемых последствиях. Без количественной характеристики физических свойств почвы невозможно описать динамику поля концентраций полезных и вредных химических соединений в почвах, а также функцию плотности распределения корневых систем растений и поглощение воды растениями. Динамичность порового пространства почв под действием климатических и антропогенных факторов связана с большинством функциональных свойств почвы: водоудерживающей способностью; влагопроводностью; водопроницаемостью; фильтрацией. Эти величины прямо отражают степень уплотнения почвы и связаны с распылённостью почвенной структуры. Важнейшим предназначением физических свойств почвы является их использование в математических моделях, включающих более или менее формальное описание почвенных процессов. В то же время физические характеристики почв – это функциональные связи (хотя подобные функции могут содержать особые в математическом или чисто почвенном смысле точки: например, наименьшая влагоёмкость). В качестве объектов исследования были выбраны пахотные горизонты агродерновых, агробразёмов, агрозёмов, агростратозёмов Ленинградской, Новгородской, Смоленской, Ростовской, Белгородской обл. и опытных полей Россельхозакадемии. Почвенные условия, обеспечивающие поступление воды и пищевых веществ из почвы в растения на уровне элементарных почвенных частиц характеризовали величиной 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 почвенного горизонта – плотностью и сопротивлением пенетрации, фильтрационной и водоудерживающей способностью; на уровне почвенных индивидуумов – водопроницаемостью, относительным возрастом равновесной плотности и содержанием агрономически ценных агрегатов.

Перемешивание, крошение и рыхление почвы в процессе обработки оказывает сильное воздействие на структурные отдельности, способствуя повышению их плотности или уничтожению отдельных макроагрегатов. Считали, что физическая природа процессов, происходящих под влиянием нагрузок, имеет сходство с дроблением и агрегацией частиц в естественных условиях, предполагали, что механическая прочность агрегатов будет иметь логнормальный закон распределения. В чернозёмах, имеющих хорошо развитую макроструктуру, при воздействии слабых нагрузок происходит частичное разрушение макроструктуры, возрастающее при увеличении нагрузки и приводящее в конечном итоге к полному разрушению макроагрегатов. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к прогрессирующему разрушению микроструктуры, вторичной агрегации при высушивании с формированием довольно прочных агрегатов. В дерново-подзолистых почвах даже незначительные нагрузки разрушали макроагрегаты. При высушивании частицы слипались и формировали вторичные агрегаты (однако, прочность таких агрегатов не достигает соответствующих значений прочности структуры исходной почвы). Отмеченные особенности разрушения почвенной структуры в лабораторных условиях и наблюдения в естественных условиях являются физической моделью более сложных реальных процессов, приводящих к образованию глыбистости в интенсивно обрабатываемых почвах.

УДК 631.48

АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ВЗАИМОСВЯЗИ ДИСПЕРСНОСТИ И ГУМУСНОСТИ ПОЧВ

Рыбьянец Т.В., Замулина И.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, tvrybyanets@sfedu.ru

При исследовании почвы как открытой полидисперсной саморегулирующейся гетерогенной системы количественные и качественные взаимоотношения между гранулометрическими фракциями и свойствами почв, ими определяемыми, можно описать математически.

При интерпретации результатов гранулометрического анализа чаще имеет место констатация количества тех или иных гранулометрических частиц на данный момент времени в данной почве. При использовании же предлагаемого системного подхода появляется возможность выявить определенные закономерности соотношения гранулометрических фракций почвы, установить динамику этих отношений и охарактеризовать состояние

динамического равновесия почвенной системы. Учитываются меняющиеся отношения масс фракций физического песка и физической глины с одной стороны, и илистой и пылевой составляющей в физической глине – с другой. В то же время известно, что количество гумуса и его качественный состав в илистой и пылевой фракциях почв не одинаков и динамичен во времени. Это создает условия варьирования содержания и состава гумуса даже в пределах близких разновидностей одних и тех же почв. Для упорядочения информации о составе и свойствах почв была разработана математическая модель дисперсности почв, которая проверялась при исследовании гумус-гранулометрических отношений. В данной модели каждый индивидуальный почвенный образец относят к группе с узкими параметрами по содержанию в ней физической глины и ила (пыли).

Для анализа и проверки модели были задействованы почвы различных типов, подтипов и разновидностей. Аналитическая информация условно разделена на два блока: первый характеризует дисперсность почвенных образцов, второй – их гумусированность. Чаще всего эти два блока интерпретируются обособленно друг от друга. Однако используемая нами концепция матричности отношений предполагает наличие между дисперсностью и гумусностью почв четкой математической зависимости, объединяющей их в единую функциональную среду (педотрансферная функция).

В пределах первого блока представлены данные о содержании в почве физической глины, а также иловатых и пылеватых фракций. Кроме этого, рассчитаны константы динамического равновесия для каждого индивидуального почвенного образца и для состояния, характеризующего состояние идеального динамического равновесия почвенной системы. Константы рассчитываются как отношение содержания ила или пыли во фракции физической глины образца почв к базовому (эталонному) содержанию ила, характеризующему идеальное равновесное состояние почвенной системы. Этим удастся унифицировать и стандартизировать анализ полидисперсной системы почв.

Второй блок данных – это результаты анализов содержания гумуса в 100 г почвы, в 100 г физической глины и отдельно во фракциях ила, средней и мелкой пыли. Расчетные значения содержания гумуса идентичны данным прямого аналитического определения гумуса в 100 г физической глины. Такие значения абсолютно сопоставимы, т.к. методика расчета учитывает особенности дисперсности разновидностей почв. Предлагаемая математическая модель выражает функциональную среду полидисперсной системы почв: концентрация гумуса во фракции физической глины закономерно предопределяет показатель «содержание гумуса на 100 г

почвы» и связана с ним константой динамического равновесия. Поэтому имея данные о значении этой константы и содержании гумуса в почве, можно с высокой степенью вероятности (90–98%) предсказать содержание гумуса в физической глине и прогнозировать динамику ее дисперсности и гумусности. Данная модель корректна и успешно работает в диапазоне содержания физической глины от 75 до 25%.

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ И ГРУНТОВ

**Рыльков И.С., Хазарьян В.Э., Тагивердиев С.С., Безуглова О.С.,
Морозов И.В.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, igorrylkov@gmail.com

Развитие наших представлений о почве, дальнейшее познание наиболее общих законов генезиса и пространственно-временной динамики почв, в т.ч. их состава, свойств, процессов и режимов, невозможно представить без совершенствования существующих и разработки новых методов исследования. Очевидно, что качественный скачок в той или иной отрасли знаний, приводящий даже к смене парадигмы, возникает, в немалой степени, как следствие внедрения новых методологических принципов и методических приемов, использования принципиально нового оборудования и технологий получения экспериментального материала.

История почвоведения знает немало примеров, подтверждающих данное положение. Например, развитие представлений о гранулометрическом составе почв связано со сменой принципов и подходов к методам исследований, конструкции приборов и инструментария, интерпретации и систематизации результатов анализов. В конечном итоге, произошла качественная смена представлений о строении почвы, ее системной организации, что неизбежно сопровождалось изменением классификационных построений и понятийно-терминологического аппарата.

Современный этап развития почвоведения не стал исключением, поскольку все чаще мы сталкиваемся с результатами исследований, полученных с использованием метода лазерной дифракции, позволяющего определять степень дисперсности порошковых сред, к каковым, по сути, и принадлежит почва.

Принцип действия прибора основан на отклонении частицами почвы лазерного луча на фиксированные углы, величина которых зависит от диаметра и оптических свойств частиц. Важным преимуществом определения гранулометрического состава методом лазерной дифрактометрии являются высокая скорость работы и появление фиксированного диапазона размеров измеряемых частиц.

Гранулометрический состав определяли в черноземах обыкновенных карбонатных и урбаноземах г. Ростова-на-Дону методом пипетирования по Качинскому (подготовка с пирофосфатом натрия), а также методом лазерной дифракции на приборе Analysette-22 NanoTec (Fritsch, Германия). Лазерный дифракционный анализатор позволяет определять гранулометрический и микроагрегатный состав, удельную поверхность (расчётный метод), форму частиц (коэффициент удлинения, расчётный метод). Анализ можно проводить в суспензиях (блок мокрого диспергирования) и методом отвеивания (блок сухого диспергирования).

Так, по результатам дифрактометрии, исследуемые почвы чернозем обыкновенный карбонатный и урбаноземы следует отнести к разновидности суглинков легких пылевато-песчаных, в то время как по результатам пипет-метода они классифицируются как иловато-крупнопылеватые и крупнопылевато-иловатые тяжелые суглинки.

Например, дифрактометрия показала, что чернозем обыкновенный карбонатный (Ботсад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону) характеризуется высоким содержанием фракций 0.25–0.05 мм (мелкий песок) с колебаниями от 38.6% в гор. А_{1/маж} до 51.2% в гор. С. Содержание фракции 0.05–0.01 (крупная пыль) достигает значений, характерных для лессовидных пород и составляет 23.9–31%. Далее следует обратить внимание на довольно высокое содержание фракции 0.01–0.005 (средняя пыль) до 15–20%, что почти в два раза превышает характерные значения, получаемые пирофосфатным методом. При этом содержание фракций 0.005–0.001 (мелкая пыль) оказалось в 2–3 раза меньше по сравнению с классическим методом. Особое внимание следует обратить на крайне низкое содержание ила (< 0.001 мм), колебания по профилю составляют 3.0–3.8%.

Таким образом, различия оказываются столь существенными, что следует говорить о принципиальной несводимости результатов исследований, выполненных на основе принципов лазерной дифракции и седиментации даже при использовании одного и того же пептизатора – пирофосфата натрия. Как следствие, принципиальной ошибкой является использование классификации Н.А. Качинского для интерпретации результатов анализа высокодисперсных почв и грунтов, выполненных методом лазерной дифракции.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ

Судницын И.И., Егоров Ю.В., Бобков А.В., Кириченко А.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, iisud@mail.ru

Высоким плодородием обладают только структурные почвы, содержащие водопрочные агрегаты диаметром $0.25 \div 10$ мм, аккумулирующие воду и обеспечивающие достаточную аэрацию. При неправильной обработке почв (например, при использовании тяжелой с.-х. техники) их структура разрушается. Для более глубокого понимания роли структуры в формировании плодородия почв важно знать, как она влияет на гидрофизические свойства почв. Однако систематические исследования этого влияния не проводились. В данной работе приводятся результаты изучения влияния структуры почв на содержание легкодоступной растениям влаги и на параметры зависимостей капиллярного давления почвенной влаги (P , атм) от объемной влажности почв (W , г/см³).

Исследования проводили на тяжелосуглинистой дерново-подзолистой, среднесуглинистой аллювиальной темногумусовой и легкосуглинистой дерновой аллювиальной почвах.

Каждый почвенный образец был разделен на 2 порции; в одной из них естественная структура сохранялась, а в другой – агрегаты крупнее 0.25 мм были разрушены при помощи растирания почвы в фарфоровой ступке и просеивания через сито с диаметром отверстий 0.25 мм. Образцы почв помещали в капилляриметры, в которых по оси цилиндрических образцов почв находились цилиндрические керамические тонкопористые фильтры, соединенные с вакуумной системой через стеклянные измерительные бюретки. Плотность образцов была близка к естественной (1.2 г/см³). Почвы насыщали водой, затем в фильтрах последовательно создавали различные уровни разрежения; в результате этого вода из почвы постепенно перетекала в фильтры, что приводило к уменьшению W и P . W рассчитывали по количеству воды, поступавшей в измерительные бюретки, с точностью ± 0.001 г/см³. При $P = -0.05$ атм W (W_{\max}) варьировала от 0.365 до 0.455 г/см³ (среднее значение 0.417 г/см³) для почв с неразрушенной структурой и от 0.335 до 0.405 г/см³ (среднее значение 0.383 г/см³) – с разрушенной. В среднем для всех почв разрушение структуры уменьшило W_{\max} на 0.034 г/см³ (то есть на 8%). W при $P = -0.6$ атм (W_{\min}) соответствует нижнему пределу интервала легко доступной растениям влаги. Она варьировала от 0.108 до 0.215 г/см³ (среднее значение 0.157 г/см³) для структурных почв и

от 0.117 до 0.295 г/см³ (среднее значение 0.214 г/см³) – для бесструктурных. В среднем для всех почв разрушение структуры увеличило W_{min} на 0.057 г/см³ (то есть на 36%). Уменьшение W_{max} и увеличение W_{min} привело к уменьшению интервала легкодоступной растениям влаги ($\Delta W = W_{max} - W_{min}$). В почвах структурных ΔW варьировал от 0.185 до 0.330 г/см³ (среднее значение 0.260 г/см³), а в бесструктурных – от 0.105 до 0.230 г/см³ (среднее значение 0.169 г/см³). В среднем для всех почв разрушение почвенной структуры уменьшило ΔW на 0.091 г/см³ (то есть на 35%). В диапазоне P от -0.3 до -0.6 атм между P и W выявлена обратная линейная зависимость ($\log |P| = B - D \cdot W$, где P выражено в см водного столба, а B и D [см³/г] – эмпирически определяемые параметры). Между $\log |P|$ и W существуют высокие коэффициенты корреляции (при уровне значимости ≤ 0.05 их среднее значение равно -0.98). Впервые такую зависимость для глинистых грунтов обнаружил Терцаги (1948 г.), а для зональных почв Европейской территории России – Судницын (1966 г.). Позднее для других почв эту зависимость обнаружили Виссер, Чайлдс, МакКуин, Роговский, Джонг, Белова, Голованов и Фролов.

Среднее значение D для почв с неразрушенной структурой равно 16.7 см³/г, а с разрушенной – 6.9 см³/г (то есть в 2.4 раз меньше). Это позволяет использовать D в качестве критерия при оценке структурного состояния почв: почвам структурным соответствуют значения D , большие, чем 15 см³/г, почвам с частично разрушенной структурой – от 10 до 15 см³/г, а бесструктурным – меньше 10 см³/г.

УДК 631.436, 631.461.61

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА МОСКВЫ

Сухая О.В., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Ермакова Е.В., Кононова А.А.

МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, suhaya@list.ru

Городские почвы подвергаются сильному воздействию человека, в том числе и в отношении теплового режима. Температура почвы на поверхности в среднем на 1–3⁰С выше, чем окружающей местности, что связано с большим количеством автомагистралей, высокой плотностью застройки, подогревом городской теплосети. В связи с этим увеличивается вегетационный период растений, происходит изменение почвенных микробocenозов, меняется численность микроорганизмов.

В данной работе было проведено изучение температурного режима и биологической активности урбаноземов и почвенных конструкций на территории МГУ им. М.В. Ломоносова. Опытные площадки были заложены в Ботаническом саду и во дворе Поликлиники № 202. Исследовались варианты с различными условиями на верхней границе почв: под деревьями; под травянистой растительностью; под травянистой растительностью вплотную к бордюру; почва под паром. На опытных площадках было произведено изучение температурного режима почв на глубинах 1, 10, 20, 30 и 50 см с интервалом 180 минут в период с июня по октябрь 2011 года. Также были сформированы почвенные конструкции площадью 50x100 см, высотой 36 см. Варианты опыта: 1 – грунты (горизонт В урбанозема территории почвенного стационара МГУ, песок, торф) смешаны в соотношении 4:1:1 с добавлением раствора гуматов; 2 – почвенная конструкция, расположенная слоями: горизонт В (12 см); торф (6 см); песок (6 см); горизонт В (12 см); 3 – грунты расположили слоями, как в варианте 2, и пропитали раствором гуматов. В конструкциях термодатчики были установлены на глубинах 6, 15, 21, 30 см с интервалом измерения 180 мин в период с ноября 2010 г. по май 2011 г. С целью изучения биологической активности в почвах (БАП) и почвенных конструкциях производили определение целлюлозной активности почвы методом «апликации» по разложению в ней льняной ткани.

В результате проведенного опыта на урбаноземах было отмечено, что в почве наибольшие температуры, а также их максимальные суточные амплитуды наблюдали в вариантах под паром и вблизи бордюра асфальтированной дороги. Так, в парующей почве максимальная температура на глубине 1 см составила 34⁰С, а на 10 см – 27⁰С. Влияние бордюра на температурный режим почв оказалось весьма значительным, и, несмотря на наличие травянистого покрова, максимальное значение температуры были: 39⁰С и 36⁰С соответственно. На этих же вариантах отмечена высокая биологическая активность почв. В то время как на вариантах под травянистой растительностью и под деревьями значения температур были более низкими, наблюдалось меньшее разложение целлюлозы. Почвенная температура во дворе поликлиники в целом ниже, чем в Ботаническом саду. Тем не менее, целлюлозная активность почв под травянистой растительностью и в верхнем слое почв под деревьями была высокой, что может быть связано с режимом влажности почв.

В почвенных конструкциях наблюдали высокую целлюлозную активность в вариантах с обработкой грунта раствором гуматов. При этом, в слоистой конструкции, как с обработкой гуматами, так и без об-

работки, на глубине 0–2 см отмечали низкую БАП, что, по-видимому, связано с меньшей влажностью в этом слое. Степень разложения целлюлозы была меньше в слое песка, чем в других слоях, при обработке грунта раствором гуматов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-04-01297, 10-04-00993.

УДК 631.6.001.57:631.435

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОПОЧВ ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л.

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, kafzem@bk.ru

При моделировании состояния почв широко используются информационно-логические модели. Для них типичны сравнительно несложные алгоритмы, возможность сортировки больших массивов данных и узкая специализация. Опыт показывает, что региональные модели имеют высокую степень обобщённости информации о почвах. В них нет детализации по мелким таксонам почв и не учитывается гетерогенность структуры почвенного покрова, например, по гранулометрическому составу.

Наши исследования показывают, что более дробная дифференциация почвенного фонда является объективной необходимостью для его рационального и эффективного использования. Только таким путём можно преодолеть последствия шаблонного подхода многолетних традиций необоснованной стандартизации мелиоративных мероприятий, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в пределах обширной и разнообразной территории предальтайских равнин и других регионов России.

Оценка влияния содержания гранулометрических фракций на некоторые параметры мелиоративного состояния агропочв проведена с помощью информационно-логического анализа, который основан на теории информации. Этот метод, как и корреляционный, изучает зависимость явлений от факторов. Степень связи между изучаемыми явлениями и каким-либо фактором (или факторами) определяется величиной общей информативности (Т) и коэффициентом эффективности каналов связи (К).

В результате изучения влияния гранулометрии агропочв на показатели физического состояния определены коэффициенты информативности (Т) и эффективности канала связи (К). При изучении связей определены логические высказывания:

$$\text{УП}=\text{С} (\text{Г}, \text{Мп} (\text{И}, \text{ФГ})) \quad (1)$$

$$\text{А}=\text{С} (\text{ФГ}, \text{Г} (\text{Мп}, \text{И}, \text{УП})) \quad (2)$$

$$\text{dv}=\text{С}, \text{В} (\text{Г} (\text{А}, \text{ФГ})) \quad (3)$$

$$\text{d}=\text{С} (\text{Г}, \text{П} (\text{ФГ}, \text{И})) \quad (4)$$

$$\rho_o=\text{В} (\text{С}, \text{ФГ} (\text{П}, \text{Кп}, \text{Мп})) \quad (5)$$

$$\text{МГ}=\text{УП}, \text{С} (\text{ФГ}, \text{Мп} (\text{Г}, \text{И})) \quad (6)$$

$$\text{КВ}=\text{В}, \text{dv} (\text{А}, \text{Ма} (\text{ФГ}, \text{Мп})) \quad (7)$$

$$\text{Кф}=\text{А}, \text{КД} (\text{Ма}, (\text{dv}, \text{ФГ}, \text{В})) \quad (8)$$

где УП – удельная поверхность; А – содержание водопрочных агрегатов размером 5–0,25 мм; dv – плотность почвы; d – плотность твёрдой фазы почвы; ρ_o – общая порозность; МГ – максимальная гигроскопическая влага; КВ – коэффициент впитывания; Кф – коэффициент фильтрации; С – структура гранулометрического состава; Г – содержание гумуса; ФГ – содержание физической глины; Мп – содержание мелкой пыли; И – содержание илистой фракции; В – влажность полевая; П – содержание фракций песка (1–0,05 мм); Кп – содержание крупной пыли; Ма – содержание истинных микроагрегатов размером 0,25–0,01 мм; КД – коэффициент дисперсности.

Все высказывания сделаны для агропочв среднесуглинистого гранулометрического состава. В логических высказываниях все факторы расположены в порядке убывания их влияния на физические и водно-физические свойства. Судя по высказыванию (1), на величину удельной поверхности самое высокое влияние оказывает структура гранулометрического состава (разновидность). Меньшее влияние на этот показатель оказывает содержание гумуса. Из формул 2–8 следует, что количество истинных микроагрегатов и водопрочных агрегатов, плотность почвы в очень высокой степени зависят от разновидности. Максимальная гигроскопическая влага тесно связана с величиной удельной поверхности и соотношением фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ). Естественная влажность почвы – главный фактор, от которого зависит коэффициент впитывания. Влажность является вторым по значению фактором (после структуры гранулометрического состава), оказывающим влияние на величину объёмной массы (плотность почвы). Устойчивая стадия водопроницаемости – фильтрация, в первую очередь определяется водопрочностью почвенных агрегатов. Микроагрегированность ЭПЧ – второй по значению фактор, от которого зависит скорость фильтрации.

**ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БИОСИСТЕМ:
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ****Тюгай З.Н., Милановский Е.Ю.***МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, zemfira53@yandex.ru*

Почва является сенсорной и рефлекторной поверхностью раздела между биосферой, гидросферой, атмосферой, и литосферой. Это динамичная и иерархически организованная система живых организмов, различных органических и неорганических компонентов, пространственная структура которых определяет большую комплексную и гетерогенную поверхность раздела. Благодаря физической, химической и биологической гетерогенности этих поверхностей раздела почва является источником множества сред обитания, поддерживающих обширное биологическое и функциональное разнообразие и распространенность экосистем и является посредником большинства биогеофизических и биогеохимических взаимодействий между ландшафтом, его поверхностью, грунтовыми водами и атмосферой.

Анализ функции почвы как фильтра, производителя, трансформатора и регулятора требует систематических поисково-исследовательских работ, направленных на изучение архитектуры и функционировании биогеохимических поверхностей раздела в почве. Анализ литературных данных показывает, что понимание взаимодействий и взаимозависимости действующих процессов (физических, химических и биологических) на формирование и свойства биогеохимических поверхностей раздела открывают путь к управлению данными процессами. В работе рассматриваются различные методы определения величины удельной поверхности твердой фазы почвы. Объектами исследования были: чернозем типичный мощный, красная ферраллитная почва, полисил гидрофобный, силикагель, торф, глинистые минералы монтмориллонит и каолинит насыщенные железом и алюминием, кварцевый песок. Образцы были подвергнуты обработке: H_2O_2 , HCl , прогреву при 650° и 950°C . Для характеристики величины и качества определяемой поверхности были использованы адсорбаты различной природы: молекулы воды, азота, этиленгликоля и молекулы красителей метиленового голубого и оранже-И. Результаты наших исследований и анализ литературных данных показали отсутствие прямой связи между площадью посадки молекулы адсорбата и величиной удельной поверхности определенной тем или иным методом. Величина удельной поверхности, определяемая по сорбции метиленового голубого (МГ), практически идентична данным, полученным по сорбции воды. Однако если учесть, что площадь посадки мо-

лекулы МГ на поверхности составляет 0,95, воды 0,108, а азота 0,16 nm^2 , закономерно возникает вопрос, почему молекулы азота, имеющие в 6 раз меньшую, чем МГ площадь посадки, не проникают в поровое пространство, доступное воде и МГ. Вероятнее всего это связано со спецификой органического вещества почвы, как системы гидрофобно-гидрофильных соединений, с ее способностью придавать поверхности амфифильные свойства. Очевидно используя полярные сорбенты – воду и МГ, мы определяем не величину поверхности, а ее афинность к сорбируемому веществу, представляя результат в размерностях удельной поверхности. Ответы на эти вопросы требуют дополнительных исследований. Различные обработки имитировали различные компоненты почвы, придающие почвенным макро и микроагрегатам прочность. Рассмотрим органогенный горизонт А чернозема типичного мощного. Удаление органического вещества перекисью водорода (мягкая обработка) и при температуре 650°C (жесткая обработка) и при 900°C (полное удаление органического вещества) резко увеличивают величину поверхности. Введение стабилизатора и обработка 10% раствором соляной кислоты не изменили величину удельной поверхности, определяемой по азоту.

УДК 631.4

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Фаустова Е.В., Гончаров В.М.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, vmgoncharov@mail.ru

Современный этап развития почвоведения, в частности, физики почв характеризуется активным переходом от исследований в профиле к почвенному покрову в ландшафте. Комплексная агрофизическая оценка сельскохозяйственных угодий требует разработки адекватных методов интерполяции точечных данных для дальнейшего распространения экспериментальной информации на агроландшафт. Традиционные способы выделения ключевых точек с последующей экстраполяцией данных на почвенный контур не обеспечивают объективной и надежной информацией. Необходим пространственно-скоординированный массив данных, получаемый при послонных исследованиях по регулярной или случайнорегулярной сетке, охватывающей всю изучаемую территорию. В первом случае точки опробования располагаются на равном расстоянии друг от друга, а в случайно-регулярной сети территория разбивается на равные

сектора, внутри которых точки выбираются случайным образом. Шаг опробования должен обеспечить статистическую независимость полученных показателей. Широкие возможности геостатистических методов интерполяции достигаются за счет более высоких требований к качеству данных. Применение геостатистических методов при исследованиях агроландшафтов Владимирского ополья и дерново-подзолистых почв Владимирской и Ивановской областей позволили выявить закономерности формирования агрофизической неоднородности почвенного покрова.

Изменение свойств в пространстве графически были представлены в виде массива данных – так называемых функциональных поверхностях, где каждое единичное измерение определяется координатами X и Y , указывающими положение точки опробования в пространстве, и координатой Z , представляющей значение свойства в данной точке. Такое представление данных позволило выявить структуру варьирования и построить подробные карты изменения свойств в пространстве и интерполяции на точки, где опробование не проводилось. Существуют разнообразные методы математического описания варьирования показателей, которые можно разделить на две основные группы: детерминистические и геостатистические. Графически полученную информацию можно представить в виде карт изолиний, соединяющих точки с одинаковым значением показателя. Детерминистские методы при описании поверхностей используют весовые коэффициенты или математические формулы для учета опорных точек. Примером является метод «обратных взвешенных расстояний» (IDW). В его основе лежит предположение, что чем меньше расстояние между объектами, тем больше сходство между ними, а по мере удаления объектов друг от друга их связь ослабевает. Доля «участия» значения опорной точки в расчете искомого значения выражается в виде весового коэффициента. При построении карт с использованием этого метода наблюдается эффект «bull's eyes» («глаз буйвола») вокруг опорных точек. Другой пример детерминистских методов представления поверхности – метод «радиальных базисных функций» (Radial basis functions, RBF), минимизирующий искривление поверхности, проходящей через все опорные точки. Он не выявляет структуру варьирования свойства, но является точным интерполятором и наиболее удобен для построения медленноменяющихся поверхностей (к примеру, рельефа) при наличии большого количества опорных точек. Метод «локальных полиномов» (частный случай метода трендов) состоит в разбиении территории на отдельные участки и создании для каждого соответствующих уравнений. Он может служить для сглаживающей интерполяции, т.к. значения изучаемого показа-

теля в опорных точках лишь в редких случаях являются частью полученной поверхности. При интерполяции данных методом кригинга (Kriging) используются семивариограммы. Эмпирическая семивариограмма графически представляет собой зависимость половины среднего квадрата разности значений для пар точек, разделенных расстоянием h , от расстояния между этими точками. Если данные подчиняются закону нормального распределения, кригинг является лучшим интерполятором. Проведенные исследования показали, что физические свойства в почвенном покрове сельскохозяйственного поля изменяются взаимосвязано, непрерывно и постепенно, а их пространственное распределение определяется не только генетическими особенностями почв (педогенетическими факторами), но и антропогенными, агротехнологическими факторами.

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ В КРИМИНАЛИСТИКЕ

Хазарьян В.Э.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, maskow@mail.ru

Судебно-почвоведческая экспертиза (СПЭ) является формирующимся классом судебных экспертиз. Объекты почвенного происхождения (почвы, грунты и почвоподобные тела) часто являются вещественными доказательствами при расследовании уголовных дел по фактам убийств, изнасилований, грабежей, краж, а также других социально-опасных деяний.

Система аналитических методов, применяемых в практике производства судебно-почвоведческих экспертиз, определяется, во-первых, особенностями объекта исследования, во-вторых, характером поставленной перед экспертом задачи и, в-третьих, количеством вещества, поступившего на экспертизу.

При исследовании объектов почвенного происхождения изучают состав и свойства, отражающие геологические, химические и биологические процессы на данном участке, а также жизнедеятельность человека.

Одним из способов получения необходимой информации для решения криминалистических задач, может стать метод лазерной дифракции, применяемый для изучения дисперсности порошковых сред, в т.ч. и объектов почвенного происхождения. Существенными преимуществами данного метода являются следующие критерии:

- значительное сокращение времени проведения анализа до 1–3 мин;
- большая информативность метода (широкий диапазон размеров частиц от 1000 до 0.05 мкм; фракционный состав частиц и микроагрегатов; форма частиц; размываемость микроагрегатов; определение расчетных величин d_{90} , d_{60} , d_{50} и d_{10} , используемых для идентификации образцов и т. д.);
- высокая точность и воспроизводимость результатов анализа;
- возможность использования микроколичеств образца (от 1 г – для сухих образцов и около 3–5 мл – для суспензии);
- расширенные возможности по интерпретации полученных данных.

Нами было исследовано 4 разреза чернозема обыкновенного карбонатного (Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону). Гранулометрический состав определяли методом лазерной дифракции с использованием лазерного дифрактометра частиц «Analysette 22» NanoTec (производство Fritsch, Германия). Почвенные образцы подготовлены общепринятым методом с использованием пестика с резиновым наконечником и последующим просеиванием через сито 1 мм. Анализ проводили по следующей схеме:

1. почвенные образцы (диаметр частиц < 1 мм) загружали в блок мокрого диспергирования в сухом состоянии без предварительной обработки, обработка ультразвуком отсутствует;
2. почвенные образцы (диаметр частиц < 1 мм) предварительно обрабатывали 4% пиррофосфатом, помещали в блок мокрого диспергирования, обработка ультразвуком отсутствует;
3. почвенные образцы (диаметр частиц < 1 мм) предварительно обрабатывали 4% пиррофосфатом, помещали в блок мокрого диспергирования; обработка ультразвуком производится в момент добавления пробы в течение 20–30 сек.

Измерений проводили с последующим удалением суспензии из блока мокрого диспергирования, т. е. проводили однократное сканирование. Для определения размываемости почвенных образцов гранулометрический состав определяли многократным (до 3–5 измерений) сканированием исследуемой суспензии, т. е. образцы удаляли из блока только через 3–5 измерений. Поскольку суспензия пропускается через систему призм под высоким давлением (4 бар), неизбежно происходит разрушение (размывание) части почвенных агрегатов на составляющие их ЭПЧ.

Проведенные исследования показали, что каждый индивидуальный образец характеризуется своей собственной, отличной от других образцов, кумулятивной кривой. Это позволяет с высокой вероятностью утверждать о наличии или отсутствии тождества между исследованными об-

разцами. Исключение составили образцы, отобранные из горизонтов $A_{\text{пах}}$ и $A_{\text{п/пах}}$, видимо потому, что генетически они однородны.

Кроме того, по аналогичной схеме нами был проведен анализ с неизвестными образцами (образцы выданы руководителем экспертной группы). Полученные при решении учебной задачи данные показали, что данная схема исследований позволяет идентифицировать неизвестные образцы и определить их тождественность известным контрольным образцам.

УДК: 631.433

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Шенин Е.В., Початкова Т.Н.

*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,
dkhaydapova@yandex.ru*

Машинная обработка почв, минерализация органического вещества, изменение метеорологических условий и др. факторы вызывают деформации верхнего слоя почвы, которые часто не обнаруживаются традиционными методами физики почв. Необходимы надежные методы исследования для изучения деформаций почвы, изменений её структурного состояния. Реологические методы исследования позволяют выявить и оценить межчастичные взаимодействия, микромеханическое поведение и, следовательно, получить информацию о деформациях почвенной структуры. С помощью прибора Penetrometr, основанного на изучении кинетики погружения конуса в исследуемую среду были получены кривые зависимостей сопротивления расклиниванию от влажности. С помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2» были получены полные реологические кривые вязкости почв.

В данной работе сделана попытка реологическими методами провести сравнительное изучение состояние структуры чернозема Курской области, находящегося в различных условиях землепользования. Были исследованы образцы верхних горизонтов чернозема типичного пахотного поля, прилегающей лесополосы и чернозема мощного целинного, постоянно находящегося в условиях парования и под дубовым лесом.

Кривые зависимости прочности от влажности были получены на ручном пенетрометре с конусом, угол раскрытия которого равен 30° . Были исследованы почвенные пасты из растертой и просеянной через сито 1 мм образцов почвы разной степени увлажнения (от влажности предела пластичности до влажности предела текучести).

Исследования вязкости почв проводили на ротационном вискозиметре «Реотест-2» с цилиндрическим измерительным устройством. Исследуемый образец почвы помещали в кольцеобразный зазор, образующийся между двумя коаксиальными цилиндрами, внутренним и внешним. Скорость вращения внутреннего цилиндра, определяла напряжение сдвига образца почвы в зазоре между цилиндрами. Были получены полные реологические кривые вязкости – прямая и обратная ветви. Определения проводили в почвенных образцах, предварительно капиллярно увлажненных в течение суток.

Полученные экспериментальные данные зависимости сопротивления расклиниванию от влажности аппроксимировались степенным уравнением. Полученные параметры аппроксимации анализировались на достоверность различий по *t*-критерию, что позволило с высокой достоверностью утверждать, что большая прочность межчастичного взаимодействия характерна для почв лесного участка и лесополосы.

Были построены зависимости вязкости от скорости сдвига в полулогарифмическом масштабе. Полученные зависимости имели вид степенной зависимости. Исследованные образцы по величине вязкости расположились в следующем убывающем порядке: Дубовый лес – целина – лесополоса – чистый пар – сельскохозяйственная пашня. Содержание углерода в исследуемом ряду почв убывает в том же порядке, как и вязкость, что еще раз подтверждает обусловленность структуры исследованных черноземов органической составляющей.

Кривые течения почв лесополосы и лесного участка за весь период увеличения скоростей сдвига не вышли на прямо пропорциональное отношение напряжения сдвига и скорости сдвига, что говорит о неполном разрушении структурных элементов в течение одного цикла. Расположение обратной ветви реологической кривой под прямой ветвью говорит о тиксотропном характере структуры данных почв. Почвы некосимой степи, чистого пара и сельскохозяйственной пашни при скорости сдвига $40,5 \text{ с}^{-1}$ достигли пропорционального отношения напряжения сдвига и скорости сдвига, т. е. можно считать, что их структура была разрушена в течение одного цикла. Однако разрушение структуры произошло при различных напряжениях сдвига, так в почве некосимой степи при напряжении сдвига – 736 Па, чистого пара – 91 Па, пашни – 47 Па. Расположение прямых и обратных ветвей реологических кривых указывает на реопексный характер структурных связей почв.

Использование реологических методов позволяет проводить количественный сравнительный анализ различных почвенных объектов, осуществить мониторинг устойчивости почвенной структуры при различных внешних воздействиях.

МИКРООСТРУКТУРЕННОСТЬ ПОЧВ БЭРОВСКИХ БУГРОВ

Харитонов Г.В.¹, Шейн Е.В.², Дембовецкий А.В.², Федотова А.В.³,
Коновалова Н.С.⁴, Сиротский С.Е.¹

¹ИВЭП ДВО РАН, Хабаровск, gkharitonova@mail.ru

²МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, evgeny.shein@gmail.com

³АГУ, Астрахань, a.v.fedotova@gmail.com

⁴ИТиГ ДВО РАН, Хабаровск, turtle_83@mail.ru

Бэровские бугры, своеобразные формы рельефа Прикаспийской низменности, вот уже более полутора веков привлекают внимание исследователей. В XX-м веке основное внимание исследователей было уделено вопросам их происхождения (причины и время образования). Однако не меньший интерес представляют вопросы устойчивости бугров (голоценовый возраст) и соответственно их состава. Еще Бэр К.М. (1856) обратил внимание на высокую связность и механическую прочность их поверхностного слоя. Позднее было установлено, что в состав поверхностного слоя и бугровой толщи входят своеобразные «глиняные» пески – агрегаты глинистых частиц песчаной размерности. Согласно Федоровичу Б.А. (1941), их образование является результатом коагуляции иловатых наносов при засолении в аридных климатических условиях.

Цель работы – исследование особенностей строения и состава агрегатов почв бэровских бугров. Задачи: (1) исследование содержания в почвах бугров Бэра и почв подбугрового пространства макро- и микроэлементов; (2) электронно-микроскопические исследования морфологии агрегатов размерности ≤ 1 мм почв бугра Бэра.

В качестве объекта исследований выбран бугор Бэра с прилегающей территорией (южное межбугровое понижение) в районе западных подступных ильменей Астраханской обл. (Икрянинский район, МО «Маячненский сельсовет»). Почвы изученного бугра – зональные бурые полупустынные солонцеватые суглинистые засоленные. Было заложено три разреза: на вершине бугра, в подножии бугра и в межбугровом понижении на бывшем рисовом чеке.

Состав и содержание солей в почвах определяли в водных вытяжках, SiO₂ (аморф.) определяли по Гедройцу в 5% КОН вытяжке. Электронно-микроскопическое исследование (РЭМ) образцов почв проводили на растровом электронном микроскопе «EVO 40 HV» (Карл Цейс, Германия). Для съемки образцы почв (предварительно растерты и просеяны через сито 1 мм) были подготовлены методом суспензии в этиловом спирте с после-

дующим высушиванием и напылением Ац, увеличение до 50000. Выбор спирта в качестве дисперсионной среды обусловлен низкой растворимостью в нем солей водной вытяжки – хлоридов и сульфатов натрия, магния и кальция. Для анализа элементного состава наиболее репрезентативных участков использовали энергодисперсионный спектрометр “INCA Energy 350”, Oxford, Великобритания. Валовой химический состав почв определяли рентген-флуоресцентным методом (Pioneer S4, Bruker AXS, Германия).

Комплексный анализ состава, строения и морфологии агрегатов размерности меньше 1 мм почв бугра Бэра показал высокую долю участия в их составе глинисто-солевых образований – микроагрегатов и кутан. Установлено, что тип глинисто-солевых образований (кутаны и/или микроагрегаты) зависит от содержания в почве ила, упаковка частиц, размеры, и форма микроагрегатов – от содержания и свойств солей, участвующих в их образовании. Глинистая часть микроагрегатов представлена, главным образом, смектитом. Карбонатные (кальцитовые, доломитовые и железистые) глинисто-солевые микроагрегаты обнаружены во всех горизонтах исследуемых почв за исключением гор. Апах почв подбугровой равнины на бывшем рисовом чеке. Гипсовые глинисто-солевые микроагрегаты диагностируются в солевых Bs горизонтах почв. Для солончака было зафиксировано образование микроагрегатов при совместном участии солей – хлоридов и сульфатов Na, Mg и Ca. С образованием глинисто-солевых агрегатов связана повышенная микроструктурность почв и устойчивость бэровских бугров в условиях аридного климата.

УДК 631.40

САМООРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ В МАКРОАГРЕГАТЫ

Холодов В.А.

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

Основной целью работы было выяснение вопроса, способны ли почвенные частицы самостоятельно образовывать макроагрегаты только за счет своих собственных свойств, без существенного внешнего химического или биологического воздействия. Другой целью было разработка простого экспресс-теста для оценки структурообразующих свойств тех или иных веществ.

Проведены эксперименты по самосборке почвенных частиц меньше 0,25 мм в макроагрегаты (структурные отдельности > 0,25 мм). В работе использовали агрегаты 3–1 мм и частицы естественного сложения < 0,25

мм, выделенные сухим просеиванием из дерново-подзолистых почв (под лесом и севооборотом) и типичных черноземов (под степью и бессменным паром). Агрегаты 3–1 мм механически измельчали и пропускали через сито 0,25 мм. Затем частицы < 0,25 мм как естественного сложения, так и полученные из агрегатов 3–1 мм увлажняли и высушивали при комнатной температуре. Сушку проводили в течении 24–48 часов, чтобы воспрепятствовать развитию микрофлоры и, таким образом, исключить биологический фактор. С этой целью использовали постоянный принудительный отток воздуха от образцов. После достижения почвенной массы воздушно-сухого состояния, в ней определяли количество самоорганизовавшихся макроагрегатов просеиванием через сито 0,25 мм.

Частицы естественного сложения < 0,25 мм практически не образовывали макроагрегатов – количество самоорганизовавшихся структурных отдельных составило 1–4% от общей массы почвы, что сопоставимо с ошибкой эксперимента. Причем данная закономерность отмечалась как для дерново-подзолистых почв, так и для черноземов вне зависимости от их типа использования. В то же время частицы < 0,25 полученные механическим разрушением агрегатов 3–1 мм самопроизвольно образовывали агрегаты: 10% от исходной навески в случае дерново-подзолистых почв, 17% для типичного чернозема ежегоднокосимой степи и 26% для варианта бессменного пара.

Все отмеченные отличия были статистически значимы (t-тест, $\alpha=0,01$).

Следует отметить, что для развития вышеизложенного подхода, проверять воздействие на способность почвенных частиц самоорганизовываться в агрегаты различных уровней влажности и температурных режимов. Сравнивали отклик при увлажнении частиц до капиллярной влагоемкости и до 100% влажности, а также при замораживании с последующей сушкой и высушиванием при комнатной температуре без замораживания. Ни один из вариантов проведения эксперимента при данных условиях значимо не отличался от других.

Таким образом показано, что при механическом разрушении макроагрегатов, частицы, входящие в их состав, после увлажнения способны вновь самоорганизовываться в макроагрегаты без воздействия химических и биологических факторов. В то же время частицы, естественного сложения < 0,25 мм этой способностью не обладают.

Изложенный подход с одной стороны открывает возможность для простого и хорошо воспроизводимого экспресс тестирования различных почвенных структурообразователей, например, гуминовых препаратов. Для этой цели весьма перспективно использование частиц естественного сложения < 0,25 мм.

С другой стороны, изложенный подход позволяет на новом уровне изучать процесс формирования почвенной структуры. Механически разрушая макроагрегаты, а затем выделяя из полученной массы самособранные структурные отдельные части можно изучать наиболее активные составляющие почвенной структуры, способные к самоорганизации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 11-04-00284а и 11-04-00651а

УДК 631.434

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ТЕКСТУРНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ

Чурагулова З.С., Ишбулатов М.Г., Хафизова З.Я., Юмагузина Л.Р.

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа lija1968@mail.ru

Исследования водно-физических свойств агрочерноземов текстурно-карбонатных почв проводились на Самарском лесном питомнике ГУ «Хайбуллинское лесничество», расположенном на юго-восточной части Башкирского Зауралья. Эта территория представляет собой переходную возвышенную равнину, граничащую с Челябинской и Оренбургской областями. Общая площадь питомника составляет 10,9 гектаров. Выращивание посадочного материала в условиях засушливого Зауралья невозможно без орошения. Поэтому знание физических основ повышения плодородия почв особенно актуально. В предлагаемой работе рассматриваются результаты изучения водно-физических свойств агрочерноземов текстурно-карбонатных, проведенного для определения нормы полива. Исследования водно-физических свойств почв проводились согласно общепринятыми методиками и ГОСТам.

Профиль агрочернозема текстурно-карбонатного представлен следующей формулой: PU-AU-CAT-Сса. Гранулометрический состав почв легкоглинистый пылевато-иловатый. В зависимости от гранулометрического состава находятся все водно-физические свойства почв.

Интегральным показателем физического состояния почв является плотность сложения. По полученным данным на питомнике плотность сложения глинистых почв составляет 1,13 г/см³ в пахотном и 1,18 г/см³ в подпахотном горизонте, а с срединного текстурно-карбонатного горизонта начинается резкое уплотнение почвы и плотность сложения составляет 1,46, а в почвообразующей породе достигает до 1,51 г/см³.

Плотность твердой фазы пахотного и подпахотного горизонта отличаются незначительно – $2,63 \text{ г/см}^3$ и $2,65 \text{ г/см}^3$ – соответственно, повышаясь до значения $2,73 \text{ г/см}^3$ и более в нижних горизонтах. Эти же слои почв имеют высокую пористость 57,0% и 55,5% соответственно. Они согласуются с данными для агрочерноземов сельскохозяйственных угодий.

Распашка почвы ведет к понижению плотности сложения верхнего горизонта и повышению пористости, а так же к диффузному испарению почвенной влаги. Исследованные почвы характеризуются высокими значениями максимальной гигроскопической влаги – МГ и влажности завядания – ВЗ. Максимальная гигроскопичность пахотного и подпахотного горизонтов практически одинакова – 8,56% и 8,40% соответственно, которая затем плавно снижается вглубь по профилю, достигая 6,15% в горизонте Сса. По такой же схеме меняется характеристика влажности завядания растений – 11,39% и 11,26% в пахотном и подпахотном горизонте соответственно и, плавно снижаясь, достигает значения 8,24% в почвообразующей породе.

Установлено, что водопроницаемость почв с поверхности характеризуется как высокая, с повышением плотности она резко уменьшается.

В почвах предел критической влажности составляет 21,98–25,12% для пахотных и 19,39–22,16% для подпахотных горизонтов. Снижение влажности ниже критической (21,98%) ведет к пересыханию и растрескиванию почв.

Полученные данные позволили рассчитать поливную норму при выращивании семян листовых пород на данном питомнике. Поливная норма для 0–10 см слоя почвы $140\text{--}180 \text{ м}^3/\text{га}$ в начальный период роста семян и $200\text{--}300 \text{ м}^3/\text{га}$ для 10–20 см в дальнейшем.

Регулирование водно-физических свойств почв орошением является важным приемом оптимизации лесорастительных свойств почв и позволяет выращивать качественный посадочный материал в широком ассортименте для воспроизводства лесов.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ,
ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ФИЗИКИ ПОЧВ****Шейн Е.В.***МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, evgeny.shein@gmail.com*

Современная физика почв интенсивно развивается в традиционных направлениях: физика твердой фазы почв, гидрология насыщенной и ненасыщенной зон, почвенная реология и механика, разделы агрофизики. Общим становится доминирование расчетных методов и процедур, позволяющих использовать физически обоснованные математические методы анализа и прогноза разнообразных природных ситуаций, экологического риска, находить оптимальные решения. Во всех разделах физики почв развиваются и появляются новые математические модели, которые используются в разнообразных прикладных, теоретических исследованиях и даже в образовательном процессе, как один из способов изучения физики почв. Как тенденцию в развитии физически обоснованных математических моделей следует отметить все возрастающее использование статистических методов для расчета педотрансферных функций и все более скромное использование прямых определений основной гидрофизической зависимости, функции влагопроводности, экспериментальных определений педного и межпедного порового пространства. В основном, все экспериментальное обеспечение моделей сводится к расчету с помощью педотрансферных уравнений гидрофизических функций с использованием таких предикторов как гранулометрический состав, содержание органического вещества, плотность почвы. И лишь в отдельных случаях ставится вопрос проверки моделей на независимом динамическом экспериментальном материале, об их адекватности, соответствующей точности работы модели, роли почвенного физического экспериментального обеспечения в повышении точности, адекватности и совершенствовании методов математического моделирования.

В области изучения физики твердой фазы почв основные тенденции связаны с появлением новых приборов, имеющих иную физическую основу в сравнении с традиционными. Это, прежде всего, лазерный дифрактометр, который по сравнению с седиментометрическими методами дает заниженные значения в илистой и предлистой частях для суглинистых и глинистых почв с повышенным содержанием органического вещества. Большое внимание уделяется изучению свойств гидрофильности/гидро-

фобности твердой фазы почв, и в том числе, органического вещества почв. Связано это как с мировой проблемой секвестирования углерода в почвенных агрегатах, где основным агентом структурообразования является органическое вещество почв, с изменением свойств минеральной твердой фазы (её гидрофобизирование) при пожарах. Большое внимание уделяется также изучению реологического поведения почв, обусловленного разного рода межчастичными связями. Это также связано с особенностями механики почв, их реологического поведения при нагрузках (строительство, размерзающие/замерзающие грунты, проблемами почвенного и подпочвенного уплотнения, создания почвенных конструкций с использованием торфов и торфяных смесей и др.).

В агрофизике основные направления развития физики почв определяются проблемами сохранения и биосферной роли устойчивой структуры почв и комплексной агрофизической оценки почв. При этом, все более понимание структуры склоняется от структуры, как формы и размера агрегатов, к структуре, как оценке структуры порового пространства (почвенная томография, микроморфология, применение разных меток для оценки «преимущественных путей миграции» в почвах).

Безусловно, следует отметить, что физика почв выходит на иной пространственный уровень: на ландшафты (в том числе, искусственные, конструируемые) с их особенностями устройства и переноса веществ и энергии, глобальный уровень почвоведения с его вызовами в виде проблем изменения климата, пищевой безопасности, биоразнообразия, водных ресурсов и, особенно, чистой воды.

Работа осуществлена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 10-04-00993-а, 11-04-00284-а, 11-04-01241-а, 11-04-97090-р_поволжье_а и «Благотворительного фонда В. Потанина»

УДК 631.4

ВАРИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОД ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Щепотьев В.Н., Дмитренко В.Н., Скворцова Е.Б.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, v.shepotiev@yandex.ru

Варьирование почвенных свойств в вертикальном и горизонтальном направлениях связано с действием факторов окружающей среды. В естественных условиях на малых расстояниях количество внешних факторов ограничено почвообразующей породой, растительностью, живот-

ным миром. Анализ пространственного изменения физических свойств почв в естественных условиях позволяет установить почвенно-генетические особенности почвенной структуры и может быть использован для сопоставительной оценки однотипных почв в условиях антропогенного воздействия.

Объектом исследования являлась серая лесная почва на лессовидном суглинке под широколиственным лесом в Тульских засеках. Для определения варьирования физических свойств на выровненном участке под кронами деревьев на расстоянии 2–2,5 м от крупных стволов была заложена траншея глубиной 2 метра и длиной 4 метра. По ее протяженности с постоянным шагом дискретности 20 см с учетом генетических горизонтов были определены значения плотности, сопротивления пенетрации, содержания влаги, коэффициент фильтрации и структурный состав почвы. На основе полученных пространственно распределенных данных был проведен статистический и графический анализ с использованием программного обеспечения Xlstat, Statistica, Surfer.

Плотность сухого вещества почвы является наиболее консервативным показателем её физического состояния, определяет основные характеристики агрофизических свойств и условия протекания почвенных процессов. Результаты исследований показали, что среднее значение плотности увеличивается по глубине залегания горизонтов с 1,07 до 1,57 г/см³. Плотность верхних горизонтов имеет большую изменчивость, которая уменьшается по мере приближения к материнской породе. Коэффициент вариации уменьшается с увеличением плотности от 0,33 до 0,12.

Полученные эмпирические уравнения зависимости коэффициента вариации плотности от глубины залегания горизонтов могут служить дополнительной характеристикой для оценки почвенных процессов в пределах элементарного почвенного ареала.

Верхние горизонты почвы претерпевают значительное воздействие внешних природных факторов. В нижних горизонтах проявляется уплотняющее действие распределенного давления большой массы лесной растительности и верхних горизонтов почвы.

Статистическое распределение плотности в нижних горизонтах близко к нормальному, а в органогенных характеризуется значительной асимметрией. Существенный вклад в асимметрию вносят корни лесной растительности. Пространственная изменчивость других исследованных показателей значительно выше, чем плотности, тем не

менее для них сохраняется установленная тенденция к росту асимметрии распределений в поверхностных горизонтах.

Расчет коэффициентов взаимной корреляции показал, что физические свойства смежных горизонтов близки между собой и коэффициент корреляции увеличивается с глубиной до 0,92. Физические признаки органо-генного горизонта сохраняются до глубины 30–32 см и характеризуют наиболее активную зону профиля с динамичными показателями.

Изучение пространственного варьирования физических свойств почвы под лесной растительностью с учетом профильного распределения позволило установить особенности физических свойств почвы в естественных условиях, получить количественную оценку и диапазон значений, определяющих её структурное состояние.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ проект № 10-04-00353а.

Секция В
ХИМИЯ ПОЧВ

Председатель: д.б.н. Г.В.Мотузова

УДК 631.416.9 (571.13)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКА
СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННОМ
ПОКРОВЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Азаренко Ю.А.

*ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет»
им. П.А. Столыпина, Омск, azarenko.omgau@mail.ru*

С целью установления закономерностей микроэлементного состава почв, необходимых для прогнозирования обеспеченности микроэлементами растений и животных, разработки систем применения удобрений, экологического мониторинга и биогеохимического районирования окружающей среды изучено содержание Mn, Cu, Zn, Co, B, Mo в разных типах почв Омской области. Установлено, что на микроэлементный состав почв влияют как зональные биоклиматические, так и интразональные геолого-геоморфологические и гидрологические факторы, определяющие структуру почвенного покрова. В южно-таежной подзоне при ведущей роли элювиальных и ослаблении биогенно-аккумулятивных процессов в условиях кислой геохимической обстановки и промывного водного режима в подзолистых и дерново-подзолистых почвах наблюдается дефицит подвижных форм микроэлементов. Наиболее сложной структурой почвенного покрова с широким участием гидроморфных, солонцовых, засоленных почв и их комплексов отличается лесостепная зона. Среднее содержание кислоторастворимых форм Mn, Cu, Zn, Co (5 M HNO_3), близкое к валовому, в черноземах, лугово-черноземных почвах, солонцах высокое (соответственно 508–618; 19,1–21,1; 50,7–55,4; 11,2–13,2 мг/кг) и мало различается по типам. Существенное влияние на концентрации элементов в профиле почв оказывает содержание физической глины ($r = 0,42–0,80$), более слабое – ила ($r = 0,17–0,57$) и гумуса ($r = 0,31–0,40$), $n = 145–174$. В значительной степени распределение микроэлементов определяется геохимическими ассоциациями и сродством соединений Mn, Cu, Zn, Co, Fe. Наиболее тесные связи установлены между концентрациями Cu, Zn, Fe ($r = 0,83–0,91$, $n = 109–174$). Солон-

цовые и засоленные почвы содержат значительно больше валового В и Мо (74–120 и 2,4–2,6 мг/кг) по сравнению с почвами черноземного ряда (45–65 и 1,3–2,0 мг/кг). Средние концентрации подвижных Мп, Сu, Zn, Со в почвах лесостепной и степной зон, определенных методом Крупского-Александровой, невысокие: соответственно 11,0–16,7; 0,11–0,17; 0,33–0,40; 0,11–0,13 мг/кг. Обеспеченность растений Zn на них оценивается как низкая, Со и Сu от низкой до средней, Мп и Мо (0,17–0,27 мг/кг) от средней до высокой, В (2,2–2,9 мг/кг) – высокая. В солонцовых и засоленных почвах содержатся избыточные концентрации подвижного В (4,7–27,0 мг/кг), превышающие допустимый уровень содержания для культурных растений и высокие концентрации подвижного Мо (до 0,46–1,7 мг/кг). Наиболее значимыми факторами, влияющими на содержание подвижных форм микроэлементов в почвах были количество ила (для Со, В, Сu, Zn $r = 0,34-0,66$, для Мп $r = \text{от } -0,64 \text{ до } 0,41$), гумуса (для В, Мо $r = 0,42-0,46$, для Сu $r = -0,52$), величина рН (для Сu, Zn $r = -0,69-0,71$), $n = 38-56$. В почвах солонцовых комплексов концентрации подвижного В определялись валовым содержанием элемента и рН ($r = 0,75$ и $0,74$, $n = 50-137$). Зависимости концентраций элемента от степени и типа засоления изменялись в зависимости от конкретных почвенно-геохимических условий. Солонцы содового типа засоления содержат подвижного бора значительно больше ($19,3 \pm 1,7$ мг/кг), чем солонцы нейтрального типа засоления ($9,5 \pm 0,5$ мг/кг). По содержанию в почвах микроэлементов, соотношению процессов почвообразования, структуре почвенного покрова проведено почвенно-геохимическое районирование территории Омской области, в результате которого выделено 10 почвенно-геохимических районов.

УДК 550.42

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Алексеевко В.А.¹, Лаверов Н.П.²

¹НГМУ, Новороссийск, ecogehim@mail.ru;

²Президиум РАН, Москва, Laverov@presidium.ras.ru

Ландшафты населенных пунктов занимают территорию менее 5% земельного фонда. Однако на этой площади находится большую часть своей жизни практически все население планеты. Поэтому эколого-геохимическим особенностям указанных ландшафтов уделяется особое, всевозрастающее внимание. В результате техногенеза в населенных пунктах хи-

мические элементы попадают в атмосферу, гидросферу, в растительные и животные организмы и в почвы. Почвы являются депонирующей средой, содержание элементов в которой относится к основным показателям, характеризующим эколого-геохимическую обстановку в селитебных ландшафтах. До настоящего времени средние содержания химических элементов (кларки почв селитебных ландшафтов) не были установлены.

Нами для решения этой задачи была изучена распространенность элементов в почвах 300 населенных пунктов Европы, Азии, Австралии, Африки, Америки. Сначала устанавливалось среднее содержание в почвах каждого населенного пункта, которое в дальнейшем рассматривалось как одна проба в общей выборке. Почвы более половины городов опробовались нами и анализировались (обычно параллельно) в пяти аттестованных и аккредитованных лабораториях (включая арбитражную) в различных организациях и городах спектральным, рентгенофлуоресцентным, классическим химическим, нейтронно-активационным методами. Результаты анализов подвергались статистической обработке. Также использовались литературные данные; в случаях отличающихся содержаний одним городе, устанавливалось по публикациям среднее содержание.

Число проб, характеризующих один населенный пункт, обычно превышало 30, а в отдельных случаях – 1000. Работы проводились более 10 лет, а полученные данные характеризуют почвы конца XX– начала XXI века. Устанавливались также средние содержания элементов в почвах отдельных групп населенных пунктов, отличающихся по числу жителей. Так были выделены следующие группы населенных пунктов с числом жителей: 1 – свыше 700 тысяч; 2 – 300–700 тысяч; 3 – 100–300 тысяч; 4 – менее 100 тысяч, а также рекреационно-туристические центры и небольшие деревни, станицы, хутора. Отдельно рассматривались поселки у рудников и обогатительных фабрик. Уже первый анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы:

1. Распространенность в почвах населенных пунктов химических элементов в значительной мере унаследовала общие закономерности их распространенности в земной коре и в почвах Земли: крайнюю неравномерность; связь содержаний элементов с их атомной массой, приведшую к преобладанию легких элементов; а также преобладание четноатомных элементов и особенно элементов с атомной массой ведущего изотопа кратной четырем.
2. В почвах населенных пунктов содержания большой группы химических элементов превышают кларковые содержания, установленные А.П. Виноградовым, и средние содержания, установленные после-

дующими исследователями для почв Земли и её отдельных регионов в 1,5–80,0 раз. Мы связываем это с антропогенной деятельностью, протекающей чрезвычайно интенсивно в селитебных ландшафтах.

3. Почвы отдельных групп населенных пунктов с различным числом жителей отличаются по распространенности химических элементов. Ещё большие отличия устанавливаются при сравнении средних содержаний элементов в почвах таких групп с кларками почв Земли и земной коры.
4. Выраженной связи существенно повышенных (пониженных) содержаний химических элементов (в том числе редких) в почвах населенных пунктов и их отдельных групп с географическим положением, климатическими условиями и общей ландшафтно-геохимической ситуацией не установлено.
5. После выноса за пределы городов источников повышенных содержаний элементов в почвах, повышенные содержания сохраняются десятилетиями.
6. Скорость геохимических изменений почв предсказать невозможно. Впервые приводимые кларки почв населенных пунктов могут (и должны) использоваться как своеобразные «реперы», установленные для начала XXI века.

УДК 631.811.633.11

КОБАЛЬТ И ВАНАДИЙ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В ГОРНО-ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ ЛЕНКОРАНЧАЙ

Ахундова А.Б., Насиров Е.Х.

Институт Почвоведения и Агротехнологии НАНА, Баку, n.l-nur@mail.ru

Развитие горно-лугово степных почв обусловлено относительной сухостью климата, высоким поверхностным и внутренне почвенным стоком за счет высокой проницаемости почвообразующих пород и ксерофитизированным ландшафтом. Эти почвы относятся к числу характерных субальпийских луговых степей, приуроченных к высотам 1800–2100 м над уровнем моря. Они распространены на вершинах и склонах Главного Талышского хребта (западная и юго-западная часть). В бассейне реки Ленкоранчай распространены горно-лугово степные плотнотерновые почвы.

Исучаемые нами горно-лугово степные почвы по гранулометрическому составу средне и тяжелосуглинистые. Содержание илстой фракции

по профилю изменяется в пределах 16,0–22,4%, а физической глины 44,6–52,4%. Величина гумуса колеблется в верхних горизонтах в пределах от 5,0–5,4%, со следующим уменьшением по профилю до 1,3–1,5% в нижних слоях. рН почвенной среды изменяется в пределах 6,3–7,0.

Растительный покров представлен ксерофитно-злаково-разнотравными ценозами с сомкнутым травостоем. Для определения содержания изучаемых микроэлементов нами были взяты образцы растений таких как, разнотравья, овес, крушина и др.

Содержания тяжелых металлов в почвах и в растениях определено атомно-абсорбционным методом (Shumadzu 6800).

Для горно-лугово степных почв характерно накопление кобальта в гумусовом горизонте. Нами выявлено, что количество валового кобальта в верхнем горизонте этих почв колеблется в интервале 7,9–10 мг/кг, а в нижних горизонтах же 6,2–6,3 мг/кг почвы. Содержание подвижного кобальта изменяется в пределах 0,66–1,25 мг/кг почвы. Накопление кобальта в растениях в зависимости от их вида изменяется в широком интервале. Значительное содержание этого элемента отмечается в разнотравье (5,0 мг/кг сухого вещества), а самое низкое его значение в соломе овса (1,5 мг/кг сухого вещества).

Содержание ванадия в этих почвах очень низко по сравнению кларковым значением, что связано с характером почвообразования. При этом аналогично кобальту отмечается заметная аккумуляция валового ванадия в верхних горизонтах, доходя в верхних слоях величина его повышается до 20,0 мг/кг почвы, а вниз по профилю его значения уменьшается до 12 мг/кг почвы. Аналогичная закономерность характерна и для подвижной формы ванадия. Здесь так же отмечено уменьшение содержания его вниз по профилю почв. Так если в гумусированных горизонтах величина подвижного ванадия колеблется в пределах 3,8–6,1 мг/кг почвы, то в самых нижних слоях его значения составляют 1,3–3,3 мг/кг почвы.

Содержание ванадия в растениях изменяется в пределах от 2,0 (солома овса) до 4,2 (разнотравье) мг/кг сухого вещества. КБП колеблется в зависимости от содержания элемента в растениях и самое высокое значения его отмечается в разнотравье (0,28).

Таким образом, установлено, что в горно-лугово степных почвах содержание исследуемых элементов ниже кларка, а в распределении кобальта и ванадия по профилю этих почв первостепенное значение остается за органическим веществом, гранулометрическим составом и реакцией почвенной среды. Рассчитанный коэффициент биологического поглощения показывает, что содержание элементов в растениях зависит не только от их величины в почвах, но и от избирательной способности растений.

ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАЛЕЖИ И ПАШНИ

Брехова Л.И., Щеглов Д.И., Чепков С.П.

Воронежский государственный университет, Воронеж, libreh@mail.ru

Изучение показателей гумусового состояния черноземов и их изменения в результате сельскохозяйственного использования проводилось на примере черноземов типичных мощных тяжелосуглинистых на лессовидных карбонатных суглинках Ямского и Стрелецкого участков Центрально-Черноземного заповедника. Для исследования были выбраны ключевые участки на залежи и пашне.

Исследуемые черноземы залежных участков характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды (рН 6,4–6,9), гидролитической кислотностью 3–4 ммоль(+)/100 г почвы, степенью насыщенности основаниями 86–90%. В составе обменных катионов преобладает кальций. Его количество в гумусовом горизонте А составляет 27–30 ммоль(+)/100 г почвы. Содержание обменного магния 3,5–4,8 ммоль(+)/100 г почвы.

Почвы пахотных участков отличаются от залежных тенденцией к изменению реакции среды в щелочную сторону (на 0,2–0,4 единицы рН), соответственно некоторым снижением величины гидролитической кислотности, суммы обменных катионов и степени насыщенности основаниями (на 1–3%).

По содержанию гумуса чернозем типичный залежных участков классифицируется как среднегумусный (7–8%). Почва пахотных участков по сравнению с залежью содержит гумуса меньше на 1–2%. При этом максимальные различия в количестве гумуса отмечаются в слое 0–20 см, где относительное уменьшение составляет 20–40%. Вниз по профилю до глубины 40–50 см отмечается постепенное уменьшение различий данного показателя почв залежи и пашни. В средней части профиля содержание гумуса в целинной и пахотной почве выравнивается, а с глубины 90–120 см рассматриваемый показатель в почве пашни даже несколько возрастает относительно залежного участка (на 0,1–0,8%), что может быть обусловлено перераспределением подвижных фракций гумуса.

Анализ группового и фракционного состава гумуса показывает, что в почве залежи тип гумуса определяется как фульватно-гуматный с отношением $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}} = 1,8\text{--}2$. В составе органического вещества целинных черноземов преобладают гуминовые кислоты (50–55%), а среди последних гуминовые кислоты фракции ГК-2, связанные с Са (32–40%). Содержа-

ние фракций ГК1 и ГК3 на порядок ниже, при этом количество гуминовых кислот фракции ГК3 несколько выше по сравнению с ГК1.

Общее относительное содержание ФК в почве залежи составляет 25–35%. Основную долю среди них составляют фракции ФК-2 (12–20%) и ФК-3 (5–9%). Содержание ФК-1 и ФК-1а небольшое. Причем, количество ФК-1 снижается вниз по профилю с 4,8% до 0,6%, а ФК-1а, наоборот, увеличивается с 2,5 до 9%. Негидролизуемый остаток составляет в целинном черноземе 15–20% от $C_{\text{общ}}$. Степень гумификации органического вещества для черноземов залежи составляет 50–55%, и классифицируется как очень высокая. Содержание «свободных» ГК (% от суммы ГК) оценивается как очень низкое (< 20%). Доля ГК, связанных с Са, высокая и составляет 70–79% от суммы ГК. Количество прочносвязанных ГК среднее, составляет 12,77–17,61% в верхней части гумусового горизонта.

В почве пашни соотношение гуминовых и фульвокислот изменяется. Происходит это главным образом в результате изменения доли ФК относительно общего содержания углерода, что может быть обусловлено интенсивной минерализацией наиболее подвижных фракций органического вещества при распашке почвы, а также перераспределением ФК в профиле пахотных почв. Почва пашни характеризуется также более низкими, по сравнению с залежью, значениями содержания ГК. Среди ГК наиболее заметно уменьшение доли фракции ГК-2. Пахотная почва отличается более высоким содержанием негидролизуемого остатка. Степень гумификации органического вещества в почве пашни ниже, чем в почве залежи. Обусловлено это более низкими значениями, как содержания общего углерода, так и содержания углерода гуминовых кислот.

УДК 631.423.4

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПОЧВАХ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Груздев И.В.

*Учреждение Российской Академии Наук Институт биологии Коми НЦ УрО
РАН, Сыктывкар, gabov@ib.komisc.ru*

Низкомолекулярные органические соединения: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), n-алканы, фенолы образуются в природных экосистемах, включая почвы, как в результате трансформации органического вещества, метаболизма растений и микроорганизмов, так и при техногенезе.

Цель работы – выявить закономерности образования и распределения ПАУ, *n*-алканов и фенола по профилям тундровых почв. Объекты исследований – криповерхностно–глеевые и криогидроморфные глеевые почвы Большеземельской тундры. Качественное и количественное определение содержания ПАУ, *n*-алканов и фенолов в почвах осуществляли методами жидкостной, газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии.

Идентифицированы полициклические ароматические углеводороды – нафталин, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, дибенз[а,h]антрацен, бенз[ghi]перилен, индено[1,2,3-*cd*]пирен, гомологический ряд *n*-алканов – C₁₄–C₃₅ и фенольные соединения. Выявлены закономерности накопления ПАУ, *n*-алканов и фенола в исследованных почвах: основное количество сосредоточено в органогенных горизонтах (биогеохимический барьер), с максимумом их содержания в наиболее разложившейся нижней части, что связано с надмерзлотной ретинизацией гумуса. Пул полиаренов в почвах представлен, главным образом, легкими ПАУ – фенантrenom, флуорантеном и пиреном, тяжелые ПАУ в органогенных горизонтах составляют не более 20% от общего содержания полиаренов в почве, в минеральной толще 5,6-ядерные структуры практически отсутствуют. Изучена детальная вертикальная стратификация структурных компонентов полиаренов, *n*-алканов и фенольных соединений по профилю. Установлено, что профильное распределение низкомолекулярных органических соединений имеет эктоморфный характер. Низкая обогащенность полиаренами минеральной толщи может быть обусловлена наличием мерзлотного водоупора почв, а также органомфильностью – приуроченностью подземных побегов, корней к органогенному горизонту и снижением интенсивности элювирования ПАУ из этого слоя. Установлено, что суммарное накопление ПАУ в органогенных горизонтах увеличивается с усилением степени гидроморфизма в ряду тундровых почв: поверхностно-глеевая – торфянисто-глеевая – торфяно-глеевая. Криповерхностно-глеевые почвы характеризуются повышенным содержанием техногенных ПАУ по сравнению с криогидроморфными, где преобладают природные полиарены.

В составе органического вещества почв представлены структуры насыщенных углеводородов с числом атомов углерода C₂₅, C₂₇, C₂₉, C₃₁, C₃₃ а отношение «нечетных» *n*-алканов к «четным» (индекс CPI) превышает 1. Это свидетельствует, что накопление насыщенных углеводородов в органогенных горизонтах почв происходит в основном в результате трансформации органического вещества моховой растительности. Возрастание массовой доли *n*-алканов и увеличение индекса CPI является

индикатором глубины гумификации растительных остатков, что наиболее ярко выражено в торфяно-тундровых почвах. В минеральных горизонтах тундровой поверхностно-глеевой почвы массовая доля «нечетных» алканов уменьшается на порядок и выравнивается с «четными» алканами, индексы СРІ резко уменьшаются до значений 1–3. Такой характер профильного распределения насыщенных углеводов в тундровых почвах свидетельствует об их преимущественном происхождении из органических остатков и слабой миграционной способности.

Специфика растительного покрова и почвенных условий обусловила особенности количественного состава водорастворимых фенолов. Доминирование в биоценозах типичной тундры низших растений – мохообразных и лишайников определяет накопление водорастворимых низкомолекулярных фенольных соединений в почвах. В органогенных горизонтах тундровых торфяно- и торфянисто-глеевых почвах накапливается 1,3–1,8 мг/кг фенольных соединений. В тундровых поверхностно-глеевых почвах массовая доля водорастворимых фенолов увеличивается и достигает 1,5–6,7 мг/кг почвы. Установлено, что содержание водорастворимых фенолов для всех изученных почв имеет отчетливо выраженную приповерхностную аккумуляцию, в минеральных горизонтах фенолы практически отсутствуют.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№11-04-00086-а).

УДК 631.92

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Годунова Е.И.¹, Чижикова Н.П.², Шкабарда С.Н.¹

¹ГНУ Ставропольский НИИСХ, Михайловск, shkabardas@mail.ru;

²ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Естественное содержание микроэлементов (редких и рассеянных элементов) в почвах отличается высоким природным варьированием и зависит от состава почвообразующих пород, положения почвы в ландшафте и её генетических особенностей.

Работа по изучению микроэлементного состава почв выполнена в условиях Ташлянского ландшафта байрачных лесостепей на территории экспериментального полигона «Агроландшафт» ГНУ Ставропольский НИИСХ, основанного в 1996 г. для разработки системы рационального землепользования на адаптивно-ландшафтной основе. Исследования проводились в пределах одной

почвенно-геохимической катены на трёх сопряженных элементарных ландшафтах (таксонах полигона): автономном (элювиальном на окраине плакора) и подчиненных – трансэлювиальном (в верхней части ЮВ склона) и элювиально-аккумулятивном (в нижней части этого склона). Почвы полигона – агрочерноземы обыкновенные – сформировались на литологически разнородных отложениях, характеризуются неодинаковыми свойствами (гранулометрическим составом, количеством органического вещества, почвенной реакцией), в связи с чем несколько различаются и по микроэлементному составу.

Самым высоким содержанием валовых микроэлементов характеризуются элювиально-делювиальные тяжелые суглинки, служащие субстратом для образования почв в нижней части склона. По сравнению с элювием плотных пород (известняка) окраины плакора они содержат значительно больше (в 2,7–3,3 раза) никеля, цинка, рубидия и иттрия – 47, 59, 70 и 27 мг/кг соответственно, в то время как количество меди (22 мг/кг), галлия (14), свинца (27), стронция (189) и циркония (307 мг/кг) превышает лишь в 1,3–1,4 раза. Повышенным содержанием большинства этих элементов в поверхностном 0–10 см слое отличаются и сформировавшиеся на данных породах почвы по сравнению с аналогами на окраине плакора и верхней части склона.

При рассмотрении профильного распределения изучаемых показателей установлено, что в почвах окраины плакора содержание всех элементов, кроме галлия и стронция, с глубиной снижается. Накопление микроэлементов происходит в поверхностном слое, т. е. их поступление имеет техногенный характер. Почвообразующие породы бедны данными элементами, особенно рубидием, цинком и иттрием, количество которых в слое 0–10 см выше в 3 раза, 2,4 и 2,0 раза соответственно.

В почвах нижней части склона отмечается естественное поступление из пород в верхние горизонты всех элементов, за исключением меди, цинка и рубидия, для которых техногенный привнос преобладает над природным.

По сравнению с кларком (средним содержанием в почве) по А.П. Виноградову (1957) агрочерноземы на всех ландшафтных таксонах характеризуются пониженным содержанием валовых никеля (31–35 мг/кг), галлия (7–16), рубидия (55–84), стронция (87–132) и иттрия (19–29), а на окраине плакора и в верхней части склона ещё и цинка (41–47 мг/кг). По отношению к кларку отмечается более высокое количество в исследуемых почвах меди (25–34 мг/кг) и, за исключением почв верхней части склона, свинца (18–28), а в агрочерноземах нижней части склона дополнительно к этим элементам цинка (66 мг/кг). Количество циркония находится на уровне кларка в почвах окраины плакора (301 мг/кг) и нижней части склона (309) и превышает его на 15,7% в поверхностном слое почв верхней части склона (347 мг/кг).

В целом химический состав почв полигона довольно характерен для черноземов, сформировавшихся на суглинистых отложениях и элювии известняков. Отличия в содержании микроэлементов между почвами разной ландшафтной принадлежности в пределах катены обусловлены в основном почвообразующими породами и процессами водной эрозии, активно протекавшими до рациональной организации этой территории.

УДК 631.41

ФОРМЫ КИСЛОТНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Голубева Е.С., Чекин Г.В.

Брянская ГСХА, Брянск, GB-swamp@yandex.ru

Кислотность – одна из важнейших характеристик торфяных почв, играющая большую роль в формировании их свойств. Изучение форм кислотности торфяных почв необходимо для более рационального их использования в агропромышленном комплексе.

Исследовано 130 образцов торфяных почв, отобранных на территории Брянской области по генетическим горизонтам. Подготовку к анализу и определение обменной и гидролитической кислотности проводили по общепринятым методикам.

Показатель рН солевой вытяжки исследуемых торфяных почв колеблется в широких пределах (2,8–7,05). В переходных торфяных почвах он меньше, чем в низинных, что связано с генезисом. Реакция торфа переходных торфяных почв кислая, находится в пределах 2,87–5,59. В низинных торфяных почвах этот показатель колеблется от 5,88 до 6,49. Распределение обменной кислотности в торфяных почвах переходного типа образует максимум в средней части профиля. В торфяных почвах низинного типа в средней части профиля обменная кислотность минимальна.

Гидролитическая кислотность исследуемых торфяных почв варьирует от 0,8 до 5,85 в переходных, и от 0,35 до 1,55 в низинных. По профилю почв сверху вниз она, как правило, уменьшается.

Корреляционная связь между $pH_{(KCl)}$ и гидролитической кислотностью для переходной торфяной почвы отрицательная, тесная, для низинной – положительная, тесная. Это, по-видимому, отражает физико-химические особенности почвенно-поглощающего комплекса данных почв.

СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ПРИ ЛИМАННОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Донских И. Н.¹, Рахимгалиева С.Ж.², Могханм Ф.С.³

¹С-Петербургский государственный аграрный университет, smee@list.ru;

²Западно-Казахстанский агротехнический университет, saule-ra@mail.ru;

³Египетская арабская республика, saard@yahoo.ca

Для изучения содержания цинка выбраны светло-каштановые почвы лимана «Котельниковский» Тайпатского района Западно-Казахстанской области площадью 419 га. Территория этого лимана расположена в северной части Прикаспийской низменности в зоне резких засушливых жарких пустынных степей. Вода подаётся на данный лиман из реки Урал насосами ранней весной. Продолжительность стояния воды обычно 15–20 дней. На лиманном участке произрастает естественная луговая растительность. Урожайность сена на данном участке колеблется в пределах 3,5–5,0 т/га. Светло-каштановые почвы являются не засоленными, но имеют небольшую солонцеватость. Содержание цинка определялось в почвах двух разрезов 1, 2. Содержание цинка в пределах профилей подвержено большим колебаниям. Так в верхнем гумусовом горизонте А₁ 0–20 см почвы р. 1 содержание Zn равно 95 мг/кг, в то время как в этом же горизонте разреза 2 оно достигает 326 мг/кг. Эта обеспеченность Zn данных почв считается высокой. В переходном горизонте 24–36 см (р. 1) содержание этого элемента увеличено – 134 мг/кг. Очень высокое содержание Zn (282 мг/кг) характерно для этого горизонта почвы разреза 2. Карбонатные (Вк) горизонты (36–63 см и 34–48 см) этих почв характеризуются весьма высокой обеспеченностью валовым содержанием Zn. В более глубоких горизонтах исследуемых почв валовое содержание Zn изменяется от 89 до 114 мг/кг. Почвообразующая порода характеризуется высоким (151–154 мг/кг) содержанием данного элемента. Содержание подвижных соединений (вытяжка 0,5НСНЗСООН4 +0,5НСНЗСООН в присутствии ЭДТА) в целом в обоих профилях повышенное. В светло-каштановой почве разреза 1 оно изменяется от 1,9 до 3,5 мг/кг. Такое количество подвижных соединений можно считать повышенным. В почве р. 2 более высокая степень обеспеченности подвижными соединениями Zn характеризует верхний (0–50 см) слой. В горизонтах этой толщи уровень аккумуляции подвижными соединениями Zn колеблется в пределах 2,3–3,3 мг/кг. В нижележащих горизонтах этот уровень аккумуляции подвижных соединений Zn примерно в два раза ниже.

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ПОЧВ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ И ПРИРОДА ЕГО ВАРИАБЕЛЬНОСТИ**Караванова Е.И., Тимофеева Е.А., Шапиро А.Д.***МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, karavanovaei@mail.ru*

Жидкая фаза почвы – почвенный раствор – является средой протекания всех физико-химических процессов, составляющих основу почвообразования. Поэтому ее состав естественным образом отражает конечный и промежуточные результаты этих процессов, что позволяет исследователю судить как о быстропротекающих, кратковременных явлениях, так и об основных трендах развития почвы. В отличие от свойств твердой фазы, в которых проявляется результат процессов, длительно протекавших в почвах, свойства и состав почвенного раствора характеризует их современное состояние. В то же время анализ многолетней динамики состава жидкой фазы предоставляет данные для оценки устойчивости почвы, в том числе в условиях изменения климата, водного режима, характера использования и т. п. В этой связи большое значение имеет изучение факторов, способных влиять на состав жидкой фазы. Среди них выделяются как факторы естественного происхождения (например, сезонная динамика), так и артефакты, вызванные способом и условиями извлечения жидкой фазы из почвы.

В серии модельных и полевых экспериментов установлено, что жидкая фаза почв Центрально-Лесного заповедника характеризуется природной неоднородностью, связанной с распределением раствора в поровом пространстве. Почвенный раствор, содержащийся в порах разного размера, имеет разную концентрацию катионов и анионов, различается по ряду физико-химических свойств. Характер распределения ионов по разным фракциям почвенного раствора зависит от типа почвы и вида элемента. Однако для ряда изученных почв выявлены и общие тенденции. Так, в порах, диаметром менее 30 мкм ниже значения рН раствора, повышена концентрация Al, Mg, Si, Mn, V, Pb и других макро- и микроэлементов. В крупных порах в 2–3 раза выше концентрация водорастворимых органических веществ и азота, соединений фенольной природы, доля высокомолекулярных соединений (с массой более 20 кДа). Также для растворов из крупных пор характерны повышенные (в 1,5–1,8 раза) коэффициенты экстинкции в УФ области спектра. Это позволяет предположить, что соединения ароматической структуры приурочены в основном к более крупным порам. Разный состав жидкой фазы, присутствующей в разных частях порового пространства свидетельствует о том, что давление (раз-

режение), прикладываемое к почве для выделения почвенного раствора, является важным фактором, определяющим свойства получаемой фракции. Другим важнейшим фактором, регулирующим концентрацию почвенного раствора, является содержание влаги в почве. В изученном диапазоне влажностей почв от 1 до 0,2–0,5 ППВ концентрация в почвенных растворах катионогенных элементов, ионов SO_4^{2-} и Br^- коррелирует с влажностью отрицательно, содержание ионов хлора – положительно. Контроль влажности и величины разрежения позволяет выделить из почвы разные фракции почвенного раствора. Помимо давления и влажности сильное влияние на состав и свойства извлекаемой жидкой фазы оказывают и другие условия: высушивание и последующее увлажнение почвы, нарушение сложения, метод выделения раствора; это выражается в изменениях концентрации раствора до 2 порядков.

Несмотря на множество влияющих факторов, при соблюдении единообразия условий получения растворов состав последних сохраняет специфические черты, свойственные типу почвы и природе конкретного горизонта. При этом почвенные типы сильнее различаются по составу влаги более крупных пор (диаметром более 30 мкм), а генетические горизонты – по составу влаги микро- и ультрамикropор (диаметром менее 30 мкм). Влияние природной генетической специфики почвы, как правило, выше влияния таких факторов как нарушение естественного сложения, категория пор, метод выделения и может быть сопоставимо лишь с влиянием высушивания пробы.

УДК 631.41/43:631.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДИФИЦИРОВАННОГО АНАЛИЗА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ

А.С. Касьянова¹, А.А. Околелова², Т.Г. Воскобойникова²

¹ФГБОУ ВПО Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия,
alevtina_ivanova@bk.ru;

²ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет

Объектами исследования послужили зональные и интразональные почвы: чернозем обыкновенный, чернозем южный, темно-каштановая, светло-каштановая (пашня и целина), лугово-каштановая, солонец и солончак. Отбор проб и подготовку почвы к анализу проводили согласно ГОСТу 17.4.4.02–84.

В отобранных почвенных образцах был проведен анализ водной вытяжки общепринятым методом по Е. В. Аринушкиной и с авторской модификацией, который заключался в приготовлении повторной водной вытяжки. В ходе анализа первой водной вытяжки для всего ряда почв была определена только часть ионов: 43–66% HCO_3^- , 40–89% Cl^- , 16–84% SO_4^{2-} , 19–76% Ca^{2+} , 17–100% Mg^{2+} . Из выше сказанного следует, что по результатам однократной водной вытяжки нельзя достоверно судить о содержании растворимых ионов в почве, необходим повторный анализ.

Мы фиксировали скорость фильтрации водной вытяжки верхних горизонтов почв, которая составила: 290 мин – для чернозема обыкновенного, 264 мин – для чернозема южного, 204 мин – для темно-каштановой почвы, 153 мин – для лугово-каштановой почвы, 142 мин – для светло-каштановой (пашня) и 135 мин – для целины на светло-каштановой почве, 77 мин – для солонца и 22 мин – для солончака. Очевидна максимальная скорость фильтрации водной вытяжки в почвах, наиболее обогащенных органическим веществом и наименее засоленных. Сопоставимые величины скорости фильтрации в первом и повторном опытах свидетельствуют о наличии водорастворимых ионов в почве после проведения первого анализа.

В исследуемых почвах нами установлена обратно-пропорциональная зависимость между скоростью фильтрации и суммой водорастворимых солей. Для обработки экспериментальных данных был использован регрессионный анализ (демонстрация *CurveExpert*, *DataFit*). По полученным результатам и с учетом химизма процесса отобрана функция со следующими параметрами:

$$v(s) = 357 \cdot (s + 1)^{-0,57}$$

где: v – скорость фильтрации водной вытяжки, мин; s – сумма солей, мг-экв/100 г.

Предложенная функция близка к экспериментальным данным. Коэффициент корреляции $R = 0,914$, а отклонение предложенной функции от экспериментальных данных $\delta = 0,175$.

Полученные результаты позволяют предположить, что представленная функция лучшим образом описывает зависимость скорости фильтрации от суммы солей, определенной по анализу водной вытяжки.

Установлена обратно-пропорциональная зависимость между скоростью фильтрации и суммой солей, которая позволяет оценить продуктивность почв и количественно определить содержание водорастворимых ионов, используя скорость фильтрации водной вытяжки вместо длительного и трудоемкого общепринятого анализа.

ПОЧВЫ РОССИИ И СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Каштанов А.Н.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, sveta@agro.geonet.ru

Россия занимает около 13% суши Земли и располагает самыми богатыми в мире земельными ресурсами с разнообразными почвами. По данным Государственной статотчетности на 1 января 2010 г. вся площадь земельного фонда составляет 1709,8 млн га, в том числе земли сельскохозяйственного назначения – 402,3 млн га, сельскохозяйственные угодья – 196,0 млн га.

Почвенный покров России включает в себя около 30% мирового фонда мерзлотных почв, более 60% почв бореальной зоны, около 20% наиболее ценных для сельского хозяйства гумусово-аккумулятивных почв, среди которых 40% мировых запасов черноземов (Атлас почв России, 2011).

В настоящее время проблемы сохранения и рационального использования, воспроизводства плодородия почв вышли на передний план в связи с ростом народонаселения, потребностей в продовольствии, экономическим и финансовым кризисом, ухудшением экологии, резким сокращением биоразнообразия в большинстве государств. Решить указанные проблемы возможно только на основе глубокого научного системного подхода.

Российское сельское хозяйство более чем за тысячелетний период своего развития прошло сложный и трудный путь от примитивных огневых, подсечно-огневых и других систем до современных систем земледелия. Начало развитию научного земледелия было положено в 18 веке выдающимися учеными М.В. Ломоносовым (1711–1765), А.Т. Болотовым (1738–1833), М.И. Афониним (1739–1810), И.М. Комовым (1750–1792) и др.

В середине 19 века (1867 г.) профессор С-Петербургского университета А.В. Советов в своей работе «О системах земледелия» провел тщательный анализ «развития форм научного земледелия». Он пришел к очень важному выводу, «что та или иная система земледелия выражает собою ту или другую степень гражданского развития народов». Несколько позже К.А. Тимирязев дополнил это положение, сказав, что «культура поля всегда шла рука об руку с культурой человека».

Мощный импульс развитию научного земледелия в нашей стране дали работы Особой экспедиции в Каменной Степи Воронежской области под руководством В.В. Докучаева (1892–1896 гг.) и решения выездной научной сессии Россельхозакадемии в 1992 году, в основу которых положена парадигма экологически сбалансированного, безопасного адаптивно-ландшафтного земледелия: правильная почвоводоохранная организа-

ция земельной территории агролесоландшафтов, агро-фито-гидромелиорация, почвозащитные севообороты с подбором в них почвоулучшающих сельскохозяйственных культур, экологически безопасные ресурсосберегающие агротехнологии обработки почвы и их возделывания.

История развития отечественного и зарубежного земледелия за последние 20 лет подтверждает правильность этого пути. Однако, современные вызовы (глобальные изменения климата, возрастающие антропогенные нагрузки и деградация почв, опустынивание больших территорий, технологические, технические и другие проблемы) настоятельно требуют постоянного совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агроландшафтов.

УДК 631.47

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ ВОДНОГО ФОНДА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В РАЙОНЕ НЕФТЕДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА)

Ковалева Е.И.¹, Яковлев А.С.², Яковлев С.А.¹

¹*АНО «Экотерра», Москва, katekov@mail.ru;*

²*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, yakovlev_a_s@mail.ru*

Природа территории Западной Сибири подвергается все большему антропогенному воздействию, особенно при добыче нефти и газа. Загрязнение почв происходит на всех этапах осуществления нефтедобычи в результате разливов нефти, сильно минерализованных пластовых вод, химических реагентов, используемых для приготовления буровых растворов, размещения отходов бурения. Негативное воздействие нефтедобычи и транспортировки нефти обусловлено как непосредственной деградацией почвенного покрова на участках разлива нефти, так и воздействием ее компонентов на сопредельные среды, вследствие чего продукты трансформации нефти обнаруживаются в различных объектах биосферы. Одним из объектов, подверженным влиянию нефтедобычи, являются земли водного фонда, покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах. Согласно действующему законодательству РФ, болота относятся к землям водного фонда. Однако, на сегодняшний день более 150 млн га земель, занятых болотами в РФ, остаются в составе других земельных категорий и не попадают под требования водного законодательства, обеспечивающего охрану водным объектам. В связи с этим, встает вопрос оценки состояния земель водного фонда в условиях нефтедобычи.

Объектом исследования послужила территория Нижневартовского района ХМАО – Югра, центральную часть которой занимает плоская болотно-озерная Среднеобская низменность. Для оценки состояния земель водного фонда типичные торфяные олиготрофные почвы, представляющие основной почвенный покров района, изучены по линии стока. Площадки для отбора проб закладывались по градиенту удаления от источника поступления загрязняющих веществ – кустовых площадок, на которых расположены нефтедобывающие скважины, и шламовых амбаров (объектов размещения отходов бурения). Для выявления возможной миграции загрязняющих веществ дополнительно изучался состав болотных вод в местах отбора почв, а также воды и донные отложения озер, в которых происходит сток по рельефу от источника воздействия. В настоящее время в РФ не разработаны единые нормативы содержания загрязняющих веществ в донных отложениях. Поэтому для оценки уровня загрязнения донных отложений наряду с данными об их химическом составе использовались биологические методы. Дополнительно изучались фоновые участки, максимально не затронутые нефтедобывающей деятельностью, на аналогичных по геоморфологическим условиям территориях.

Основными загрязняющими веществами, поступающими от источников воздействия, являются нефтепродукты, хлориды, ионы натрия. Проведенные исследования показали, что болотные биогеоценозы способны к биоаккумуляции и адсорбции поступающих загрязняющих веществ от источников загрязнения, выступая в качестве геохимического барьера. Они имеют способность к самовосстановлению. Вместе с тем установлено, что имеет место миграция загрязняющих веществ латерального характера с разгрузкой в близлежащие озера в зависимости от интенсивности поступления загрязняющих веществ, что выявляется в присутствии нефтепродуктов, хлоридов, натрия в типичных торфяных олиготрофных почвах как в поверхностном торфяном слое, так и на глубине более 2,0 м, а также в составе воды озер, в которые происходит разгрузка стока. Выявлено загрязнение донных отложений озер загрязняющими веществами, поступающими по линии стока от источников загрязнения. При этом проникновение нефтепродуктов фиксировалось на глубину до 0,2 м, где обнаружены наибольшие их концентрации (до 300 г/кг).

Гуминовые кислоты типичных торфяных олиготрофных почв и донных отложений в условиях нефтезагрязнения не претерпели качественных изменений в своем составе и структуре, что связано с их протекторными свойствами.

**ВОДОРАСТВОРИМЫЕ И ОБМЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
АЛЮМИНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО-ПОЧВА****Кызьюрова Е.В., Хмелинин И.Н.***Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, kizurova@mail.ru*

В жидких фазах почвенных систем (почвенные растворы, водные и солевые вытяжки) алюминий представлен разнообразными соединениями. Он может находиться в составе аквакомплекса $Al(H_2O)_6^{3+}$ (в более простом выражении Al^{3+}), в составе мономерных и полимерных гидроксокомплексов и комплексов с другими неорганическими и органическими лигандами. Эти соединения обладают разными свойствами и оказывают различное влияние на почвы и развитие растений.

Цель наших исследований – изучение пространственно-временной динамики содержания водорастворимых и обменных соединений алюминия в экспериментальной системе органическое вещество (ОВ) – почва.

В ходе проведённого эксперимента замечено, что содержание подвижных соединений алюминия изменялось во всех слоях почвы. Следовательно, протекали процессы трансформации этих соединений в другие, независимо от удалённости ОВ. Например, водорастворимый алюминий мог перейти в обменную форму. Содержания этих соединений находятся в обратной связи между собой ($r = -0.698$).

Концентрация алюминия в почвенном растворе (водорастворимый) в минеральных почвах во многих случаях контролируется величиной pH. При изучении кислотности почвенных вытяжек также выделяется слой минеральной массы, прилегающий к очагу ОВ: здесь показатели кислотности выше, чем в остальных слоях. Основная часть токсического алюминия в подзолистых почвах связывается при доведении величины pH до 5.3, но продолжительность действия необратимых последствий будет больше при росте её значений до 5.9–6.0. Замечено, что при высоком pH солевой вытяжки наблюдается низкое содержание обменных соединений алюминия и наоборот: при низком pH = 4.3 содержание обменных соединений алюминия увеличивается до 15–16 мг/100г почвы в более удалённых слоях почвы. Наблюдается обратная корреляционная зависимость с коэффициентом 0.79. Следовательно, продукты разрушающегося органического вещества увеличивают pH в прилегающем слое почвы и тем самым уменьшают содержание обменных соединений алюминия.

Высокий корреляционный коэффициент 0.77 наблюдается и между содержанием водорастворимых соединений алюминия и рН водной вытяжки, но с прямой зависимостью. При этом скорее всего небольшая часть обменного алюминия взаимодействует с продуктами разрушения растительных остатков, образуя водорастворимые органоминеральные соединения алюминия, увеличивающие рН почвенного раствора.

Однако, продукты разложения органического вещества (сахара, белки, аминокислоты, низкомолекулярные органические кислоты, уголекислота, азотистая и азотная кислоты) оказали влияние на подвижные соединения алюминия, находящиеся в слое почвы, прилегающем к очагу органического вещества. В ходе эксперимента замечено, что здесь содержание водорастворимой фракции в 1.3–6 раз больше, а обменной – в 1.6–6 раз меньше, чем в остальных слоях.

Влияние ОВ постепенно распространялось и на более удалённые слои минеральной массы: через 8 недель аналогичным образом изменялись подвижные соединения алюминия, находящиеся в слое почвы, удалённом от очага ОВ на 1 см.

Абсолютное изменение во времени содержания обменных соединений алюминия в среднем составило 8 мг/100г почвы, водорастворимых – 0.4 мг/100г почвы (5% от содержания обменных). Очевидно, что изменение содержания этих соединений алюминия можно определить не только переходом фракций одну в другую, но и переходом менее растворимых фракций (аморфные, окристаллизованные) в более растворимые.

УДК 631.44: 631.48

ВАЛОВОЙ СОСТАВ ПОЧВ ГОРНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ УРАЛА

Лузянина О.А.

*ФГБОУ ВПО Пермская сельскохозяйственная академия им. Акад. Д.Н.
Прянишникова, Пермь, luzoksana@mail.ru*

Исследования проводились на территории ФГУ «Государственный природный заповедник Басеги» Горнозаводского района Пермского края. Отличительная особенность горного почвообразования заключается в том, что на горных склонах почвы формируются в различных биоклиматических и геоморфологических условиях. На территории заповедника выделяются горно-лесной, подгольцовый (субальпийский), горно-тундровый (альпийский) пояса. Почвенное обследование проводилось по основным элементам рельефа, с высоты 950 м (гольцовый пояс) до 400 м (гор-

но-лесной пояс) с учетом высотной поясности. В горных почвах Северного Басега, несмотря на наличие елово-пихтовых лесов, не выявлены морфологические признаки оподзоленности.

Определение валового состава позволяет определить особенности горных почв по распределению оксидов по профилю в зависимости от высоты местности.

Выявлено несколько меньшее содержание кремнекислоты в почвах подгольцового пояса (53–58%) в сравнении с почвами горно-лесного (66–70%) $r = -0,8$. Отмечается положительная средняя корреляционная связь между содержанием кремнекислоты и содержанием илистой фракции ($r = 0,5$) в горизонтах почв. Таким образом, накопление ила в почвах в некоторой степени зависит от разрушения и выветривания обломков элювия коренных и почвообразующих пород.

Содержание полуторных оксидов в горных почвах составляет 9–20% с преобладанием валовых форм железа. Соотношение оксидов алюминия и железа и их распределение по профилю почв не подчиняется закономерностям, типичным для почв равнинных территорий. Железа в горных почвах содержится в 1,5–3,0 раза больше, чем алюминия, то есть создается более узкое соотношение между содержанием алюминия и железа, чем в почвах подзолистого типа равнинной части таежно-лесной зоны. Возможно, повышенное содержание валового железа, является причиной отсутствия признаков проявления подзолистого процесса.

В почвах горно-лесного пояса (горно-лесных кислых неоподзоленных, высота 400 м) коэффициент элювиально-иллювиальной миграции полуторных оксидов алюминия и железа показывает отсутствие выноса, слабую убыль компонента в горизонте по отношению к породе. В почвах подгольцового пояса (дерновой горно-лесной субальпийской, 800 м) имеется горизонт сильного иллювиирования соединений полуторных оксидов при практически отсутствии выноса в верхней части профиля. В дерновой горно-луговой субальпийской на высоте 700 м отмечается средняя степень убыли в перегнойно-аккумулятивном горизонте, а в нижележащем типичное накопление полуторных оксидов. Во всех почвах независимо от высоты н.у.м. отмечается сильная дифференциация по валовому содержанию алюминия и молярному отношению кремнекислоты к валовому железу; невысокая дифференциация по отношению кремнекислоты в целом к полуторным оксидам; причем наименьшая – в почвах горно-лесного пояса.

Таким образом, условия залегания горных почв и особое сочетание факторов почвообразования в разных высотных поясах создают специфические особенности почв по валовому составу, что отличает их от равнин-

ных почв таежно-лесной зоны. На основании выделенных особенностей можно заключить, что почвы горно-лесного пояса так же, как и подольцового, можно считать специфическими горными почвообразованиями.

УДК 631.415

КИСЛОТНО-ОСНОВНАЯ БУФЕРНОСТЬ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОБРАБОТОК РЕАКТИВАМИ МЕРА-ДЖЕКСОНА И ТАММА

Максимова Ю.Г.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, ulashka_86@mail.ru

Буферность почвы к кислотам и основаниям является ее фундаментальным свойством, которое в определенной степени само формируется в процессе почвообразования путем образования и накопления в тех или иных горизонтах важнейших буферных компонентов – органического вещества, органо-минеральных соединений, минералов гидроксидов Fe и Al, собственно глинистых минералов. От кислотно-основных свойств почвы зависит способность большинства соединений химических элементов, в том числе важнейших элементов питания и загрязняющих компонентов, мигрировать как в почвенном профиле, так и в ландшафте.

Поэтому в химии почв изучению кислотно-основной буферности, начиная с 20-ых годов прошлого столетия, уделяется большое внимание, особенно в связи с проблемами почвенной кислотности и негативного влияния кислых осадков на экосистемы. Наиболее широко распространенным методом изучения кислотно-основной буферности является метод непрерывного потенциометрического титрования водных суспензий, который позволяет получать как интегральные буферные характеристики, так и выявлять буферные реакции, протекающие в определенных интервалах значений pH.

В данной работе методом непрерывного потенциометрического титрования оценивали кислотно-основную буферность до и после обработок по Мера-Джексону и по Тамму в основных генетических горизонтах двух разрезов подзолистых почв ЦЛГПБЗ (Нелидовский район, Тверская область). Рассчитывали общую буферность в интервале значений pH от начальной точки титрования (НТТ) до 3 при титровании кислотой и от НТТ до 10 при титровании основанием, а также буферность по интервалам значений pH, равным 0,25 единицы pH.

Из полученных экспериментальных данных можно заключить, что:

1. Общая буферность к кислоте после каждой из обработок изменяется по-разному в разных горизонтах и в разных разрезах: она может увеличиваться, уменьшаться или оставаться на том же уровне в связи с воздействием ряда факторов, приводящих к противоположным результатам: смещения рН НТТ в сторону более высоких значений, увеличения степени дисперсности почвенного материала и растворения некоторых наиболее тонкодисперсных буферных компонентов.
3. Установлено, что обе обработки во всех горизонтах приводят к резкому снижению буферности к основанию, которое в горизонтах Е достигает 70–90%. При этом обработка по Мера-Джексона вызывает большее снижение буферности, чем обработка по Тамму.
4. Выявлена высокая прямая линейная корреляция между разностью общей буферности к основанию до и после каждой из обработок и содержанием Fe вытяжке Тамма. На основе этих результатов сделан вывод о том, что тонкодисперсные гидроксиды Fe во всех горизонтах являются главным компонентом твердой фазы, обеспечивающим буферность к основанию, а реакция депротонирования гидроксильных групп на поверхности гидроксидов Fe – важнейшей буферной реакцией при титровании основанием.

УДК 631.412:631.74

АМОРФНЫЙ КРЕМНЕЗЕМ В ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

**Матюшкина Л.А.¹, Чижикова Н.П.², Харитоновна Г.В.¹, Коновалова Н.С.³,
Стенина А.С.⁴**

¹ИВЭП ДВО РАН, Хабаровск, lira@ivep.as.khb.ru;

²Почвенный институт им. В.В.Докучаева, Москва;

³ИТиГ ДВО РАН, Хабаровск, turtle_83@mail.ru;

⁴Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, stenina@ib.komisc.ru

Исследованию состава, свойств и генезиса луговых почв Приамурья, основного мелиоративного и пахотного фонда территории, посвящено много работ, начиная с экспедиций Переселенческого управления под руководством К.Д.Глинки (1910–1912 гг.). Огромный вклад в изучение луговых почв Приамурья принадлежит Комплексной Амурской экспедиции Почвенного института им. В.В.Докучаева под руководством В.А.Ковды (1953–1956 и 1956–1958 гг.). Одним из интереснейших и нерешенных во-

просов генезиса луговых почв является образование белесой “кремнеземистой присыпки” в средней и нижней части почвенного профиля на глубине 70–180 см. Однако генезис кремнезема присыпки в переувлажняемых почвах Приамурья до сих пор остается не выясненным.

Цель работы – исследование морфологии, минералогического и валового состава тонкодисперсной части луговых почв Приамурья, в том числе кремнеземистой присыпки. В данной работе основное внимание было уделено химико-минералогическому анализу и электронно-микроскопическому исследованию морфологии частиц минералов тонкодисперсной части почв (воднопептизируемый и агрегируемый илы), размер которых по способу выделения наиболее соответствует размеру частиц коллоидной и аморфной форм кремнезема.

Объект исследования – луговой подбел на озерно-аллювиальной глине. Разрез заложен на выровненном слабоприподнятом участке второй надпойменной террасы р. Амур в юго-западной части Среднеамурской низменности (с. Бабстово, Ленинский район, ЕАО) под луговой разнотравно-осоково-вейниковой растительностью с кочковатым микрорельефом. Увлажнение атмосферное, для профиля характерно периодическое поверхностное переувлажнение. Морфологическое строение профиля четко дифференцировано по типу: АУ – АУg – АUELnn.g – ELnn.g – ELBTg – В1Тg – В2Тg – (BC)g – Cg.

Илистые подфракции дробной пептизации – воднопептизируемый (ВПИ) и агрегированный (АИ) илы – выделены по методу Горбунова Н.И. из основных генетических горизонтов и из кремнеземистой присыпки гор. В2Тg. Физико-химические анализы выполнены общепринятыми методами. Для определения минералов использован универсальный рентген-дифрактометр «Дрон-2.0». Рентгендифрактометрическое определение минералогического состава тонкодисперсных фракций было дополнено съемкой и анализом морфологии частиц ила (ВПИ и АИ), кремнеземистой присыпки, фракций средней пыли и образцов почвы в целом на растровом электронном микроскопе «EVO 40 HV» (Карл Цейсс, Германия).

Исследования тонкодисперсной части – воднопептизируемый (ВПИ) и агрегированный (АИ) илы – лугового подбела Среднеамурской низменности показали, что их глинистые минералы преимущественно слюда-сметитового состава соответствуют петрографо-минералогическому разряду экосистем суши смектит-гидрослюдистого состава. ВПИ по сравнению с АИ имеет более высокое содержание тонкодисперсного кварца, полевых шпатов и гидрослюд. В составе валового оксида кремния ВПИ нижней части профиля и кремнеземистой присыпки помимо кварца при-

нимает участие аморфный опаловидный кремнезем панцирей диатомовых водорослей. Во фракцию ВПИ нижней части профиля незакрепленные панцири диатомовых водорослей кремнеземистой присыпки попадают в процессе дробной пептизации почвы. Полученные результаты позволяют предполагать функциональную роль диатомовых водорослей в аккумуляции аморфного кремнезема и образовании кремнеземистой присыпки в нижней части профиля луговых почв.

УДК 631.48.622

ПРОЦЕССЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ ПРИХОХТЬЯ

Махинова А.Ф., Махинов А.Н.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
mahinova@ivep.as.khb.ru*

Экологическая проблема загрязнения таежных почв Приохотья, связанная с деятельностью горнодобывающих предприятий приобретает все большую остроту и актуальность. Механизмы загрязнения таежных почв техногенным сырьем и обогащенными сульфидсодержащими растворами, в период ливневых осадков или быстрого таяния снега на различных элементах рельефа неоднозначны. Сульфидсодержащие месторождения обычно разрабатываются в средней части склонов, где мощность рыхлого чехла составляет 40–70 см, а направленность почвообразования характеризуется процессами накопления органического вещества и иллювиально-гумусового выноса на фоне ферриаллитного выветривания профиля. Увеличение мощности рыхлых отложений свыше 60 см, в нижней части профиля возникает оглеение. Механическое загрязнение почв происходит за счет переноса пылевых фракций эоловыми процессами и сточными водами. Наибольшее их содержание обнаруживается в верхних органогенных горизонтах почв в непосредственной близости от складирования твердых отходов. Радиус загрязнения менее 200 м. Кислые сточные воды – основной загрязнитель почвенных экосистем, вероятностный механизм которого представляется следующим образом: 1. Гидрофобное взаимодействие. В большей степени это происходит в органогенных горизонтах. В органогенных горизонтах происходит разделение полярных и неполярных молекул и осаждение молекул воды с образованием гидрофобных неполярных мицелл. Неоднородность разложенного органического вещества при различной концентрации гидрофоб-

ных молекул способствует формированию неоднородности концентраций водородного иона в почвенном растворе, что предполагает различные стадии диссоциации органических кислот, а также разделение полярных и неполярных молекул и осаждение молекул воды с образованием гидрофобных неполярных мицелл. В период ливневых осадков прохождение большой массы обогащенных вод способствует гидрофобному взаимодействию молекул воды с неполярными частицами дисперсной фазы органических (гуминовых) веществ. С гидрофобным взаимодействием связаны сила адсорбции и неустойчивость водных пленок между неполярными фазами.

2. Реакции ионного обмена, протекающие при высоких концентрациях водородного иона ($pH < 1,5$) на гранях структурных педов минеральных горизонтов. При прохождении через тело педов микротрещины и мелкие поры, концентрация водородных ионов падает и, при $pH > 4,5$ механизмы помимо ионного обмена могут приобретать и окислительный характер. Процесс окисления сульфидов в микропорах чаще всего приводит к образованию комплексных катионов железа и алюминия, которые при сильном переувлажнении почв (в период быстрого таяния снежного покрова) могут испытывать гидролизные превращения. Увеличение кислотности в растворе до значений $pH < 3$ способствует диссоциации комплексных солей с образованием в растворе железа, меди, марганца. Во влажном воздухе таежных почв железо окисляется до гидратированного оксида железа (III). В составе охристых новообразований оно представлено аморфными и слабо окристаллизованными формами. В условиях лесных пожаров (при высоких температурах), железо способно к окислению оксидом углерода, реагирует, как с разбавленными гумусово-органическими кислотами, так и с угольной кислотой. Его содержание коррелирует с наиболее подвижной и агрессивной фракцией фульвокислот (фр.1-а). По своей химической природе эти соединения, вероятнее всего, соответствуют комплексно-гетерополярным железо-фульватным соединениям. К числу сложных полиминеральных образований внутри поровых трещин можно отнести белесовато-голубые натечные пленки, состоящие из гидраргиллита, халькопирита и др., где главными катионами являются алюминий, медь и двухвалентное железо – показатели процессов оглеения в почве. Окислительно-восстановительные реакции при $4,5 > pH > 3$ способствуют кристаллизации из насыщенных растворов Fe^{3+} и при высыхании микроагрегатов образуют водопрочные железистые гели или конкреции (*in situ*) в составе которых обнаруживаются и тяжелые металлы.

Таким образом, неочищенные жидкие стоки способствуют интенсификации физико-химических процессов, протекающих в таежных почвах и способствующих загрязнению

УДК 631.4

**ВЛИЯНИЕ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД
НА РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ПОЧВ****Мингареева Е. В.¹, Апарин Б. Ф.², Сухачева Е. Ю.²**¹СПбГУ, Санкт-Петербург,²ГНУ ЦМП им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

Почвы, занимая пограничное положение между литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой, являются главным связующим звеном геологического и биологического круговоротов естественных радионуклидов (ЕРН). Содержание ЕРН в почвах определяется радиоактивностью материнских и подстилающих пород. В процессе почвообразования происходит профильное перераспределение ЕРН. Изучение взаимосвязи между содержанием радионуклидов (радия, тория, калия и цезия) в почвообразующих породах различных литологических типов и в почвах, сформировавшихся на них, проводилось в различных природных зонах европейской территории России.

Объекты исследования. 1. Дерново-элювозем на безвалунных суглинках, дерново-подзолистая на красно-бурой и желто-бурой морене, элювиально-метаморфическая на ленточной глине, бурозем и темногумусовая на элювии гранита, подстилаемом гранитной плитой (Ленинградская область). 2. Бурозем на звонцовых глинах (Новгородская область). 3. Дерново-подзолистая на покровных суглинках (Тульская область). 4. Чернозем сегрегационный на красно-бурой глине, чернозем глинисто-иллювиальный на желто-бурой глине (Республика Башкортостан). 5. Чернозем миграционно-мицелярный на красной глине (Оренбургская область). 6. Чернозем миграционно-мицелярный и сегрегационный на лессовидных суглинках (Волгоградская область). 7. Агрочернозем текстурно-карбонатный на лессовидном суглинке (Ростовская область).

Результаты исследования. Все литологические типы материнских пород характеризуются относительно невысокой активностью радионуклидов. Активность радия (^{226}Ra) изменяется в диапазоне от 23 до 63 Бк/кг, при среднем значении 33 Бк/кг. Активность тория (^{232}Th) изменяется примерно в том же диапазоне значений, что и ^{226}Ra . В отличие от содержания радия и тория количество ^{40}K в разных генетических типах пород варьирует в более широком диапазоне (404–1132 Бк/кг). ^{137}Cs в материнских породах содержится мало (3–20 Бк/кг). Это может быть связано с тем, что основным источником поступления цезия в почву является антропогенная деятельность.

Почвообразующие породы не удалось сгруппировать по абсолютным значениям радионуклидов. Максимальное содержание ^{226}Ra установлено в

красно-бурой глине, ^{232}Th и ^{40}K – в звонцовой глине и ^{137}Cs – в элювии гранита. Минимальное значение активности для ^{226}Ra и ^{232}Th отмечено в желто-бурой морене, ^{40}K – в желто-бурой глине, ^{137}Cs – в ленточной глине.

По сравнению с материнской породой содержание радионуклидов в почвах, как правило, больше. Только ^{40}K в половине случаев содержится в почвах столько же, сколько и в породах. Исключением является дерново-подзолистая почва на красно-бурой морене, в которой исследуемых радионуклидов содержится меньше, чем в материнской породе.

Таким образом, установлено, что активность радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs) в разных типах почв тяжелого гранулометрического состава выше, чем в почвообразующих породах, за исключением одной почвы. Прямой связи между содержанием радионуклидов в почвообразующих породах и в верхних горизонтах исследованных почв не обнаружено.

УДК 504.53.

ПОГЛОЩЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ, ОБРАЗОВАНИЕ, ТРАНСФОРМАЦИЯ И МИГРАЦИЯ ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Мотузова Г.В., Барсова Н.Ю.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва,
motuzova@mail.ru*

Введение. Поглощение органическими и минеральными составляющими почвы химических элементов, образование соединений этих элементов, их трансформация под влиянием биотических и абиотических условий – это основные механизмы формирования характерных свойств почв любых природных зон. Ход этих процессов для различных химических элементов имеет общие и специфические особенности. Процессы перераспределения основных макроэлементов между компонентами почв от начальных стадий до климаксного состояния определяют химические, физические, морфологические свойства почв, их типовую принадлежность. Что касается микроэлементов (природного или техногенного происхождения), процессы их поглощения, формирования, трансформации и миграции их соединений имеют ведущее значение в формировании экологического состояния и почв, и ландшафта в целом.

Объекты, методы исследования. Цель настоящего исследования- характеристика экологического состояния почв таежной зоны на основе полученных в полевых и лабораторных условиях показателей поглощения

ряда микроэлементов, образования, трансформации и миграции их соединений. Объекты исследования – почвы Мурманской, Тверской (Конаковский, Нелидовский районы) областей. Почвы Мурманской области представлены Al–Fe гумусовыми подзолами фоновых ландшафтов Мурманской (моренные отложения) и Хибинской (продукты выветривания нефелиновых сиенитов) провинций и загрязненные почвы окрестностей медно-никелевого комбината г. Мончегорска. В почвах определено содержание Cu и Ni, фракционный состав их соединений в твердых фазах почв (последовательное экстрагирование) и в лизиметрических водах. В Конаковском районе проведены полевые опыты по искусственному загрязнению цинком дерновой почвы лугового биогеоценоза путем полива Zn-содержащими растворами с последующим анализом образцов почвенных горизонтов (экстракционное фракционирование соединений Zn) и лизиметрических вод. Аналогичные опыты были поставлены с дерново-подзолистой почвой Нелидовского района (ЦЛГБЗ) лесного БГЦ. Для почв Тверской области в лабораторных статических условиях определены показатели сорбционной способности почв в отношении цинка.

Результаты. Доминирование металлов (60–99%) в составе остаточной фракции Al–Fe гумусовых подзолов Мурманской области отражает слабую степень выветривания первичных минералов и выход из них Cu и Ni. Несиликатные соединения Fe более активны в удерживании освободившихся металлов, чем органические вещества. Под влиянием аэрозольных выбросов металлургического комбината Cu и Ni (ежегодная масса их в среднем более 1000 кг) общее содержание металлов в почве повышается на 2–3 порядка за счет как прочно, так и непрочно связанных соединений. Подстилка, наиболее активная в поглощении металлов, лишь частично ограничивает их миграцию. Содержание ТМ в лизиметрических водах коррелирует с содержанием их подвижных форм в почвах. В зоне загрязнения лизиметрические воды имеют повышенное содержания металлов, что ведет к сезонному проникновению металлов в грунтовые воды. В почвах Тверской области в составе минералов почвообразующих пород (двучленных отложений подзолов и аллювиальных отложений дерновой почвы) сохранилось не более 50% Zn. Среди остальных форм доминировали соединения металла, прочно связанные с оксидами Fe и органическими веществами. Лабораторные опыты в статических условиях позволили определить потенциальную адсорбционную способность почв по отношению к ионам металла и прочность их удерживания. В полевых условиях при искусственном поливе почв потенциальная адсорбционная способность почв в отношении цинка полностью не реализовалась. До глубины 30 см проникла незначительная

доля (не более 3%) от искусственно внесенного в исследуемые почвы Zn. Значительная часть металла (при различии свойств исследуемых почв и условий постановки эксперимента) была поглощена почвенными компонентами, что определило защитную функцию почв по отношению к металлам.

Заключение. Процессы поглощения металлов почвами, образования, трансформации и миграции их соединений определяют экологическое состояние ландшафта, а показатели, характеризующие эти процессы, информативны при оценке этого состояния.

УДК 631.41

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОПАДА В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ

Надпорожская М.А., Ковш Н.В., Львова Л.Б. Федорос Е.И.,
Трубицына Е.А., Чертов О.Г.

СПбГУ, Санкт-Петербург, biosoil@bio.pu.ru

Лесные подстилки бореальных лесов содержат 20–30% запасов органического вещества почвы и до 80% активных корней (Алексеев, Бердси, 1994; Бобкова, 1987). Быстрый отклик лесных подстилок на изменение внешних факторов может быть мощным рычагом для проведения лесохозяйственных мероприятий. Скорость последовательной трансформации опада в лесной подстилке, запасы и качество органического вещества органогенной части профиля в значительной степени определяют продуктивность леса. Принято считать, что в лесных почвах «типичным» является последовательное относительное увеличение отношения C/N от слаборазложившегося горизонта L (Ao') к гумифицированному H (Ao''), т. е. более трансформированный материал содержит большее количество азота, стабилизированного в составе комплекса гумусовых веществ с остатками неразложенного опада. Мы собрали литературные и собственные данные, в которых представлены сведения о «нетипичном» увеличении отношения C/N в подгоризонтах L-F-H подстилок хвойных лесов, как на легких, так и на тяжелых почвообразующих породах. Абсолютное увеличение концентрации азота в разлагающемся материале принято относить за счет реутилизации минерального азота почвенными микроорганизмами. Относительное накопление азота в разлагающихся растительных остатках – за счет накопления гумусовых веществ, в которых азот переводится в менее доступные микробиологической деструкции формы. Ранее нами в долгосрочных (от 0,5 до 1 года) модельных лабораторных экспериментах был установлен факт

увеличения скорости минерализации и возрастания газообразных потерь азота при трансформации различных по биохимическому составу растительных остатков в смеси с минеральными субстратами (соотношение растительные остатки: бескарбонатный моренный суглинок или кварцевый песок = 1:10; при постоянных температуре и оптимальной влажности 60% ПВ). Предположили, что причина увеличения потерь азота – контакт опада с минеральным субстратом. Для выяснения роли минеральных пород в природных экосистемах проведены полевые исследования почв сосновых лесов нормального увлажнения на территории Ленинградской. На ключевых участках в начале вегетационного сезона (конец мая – начало июня) и в конце (начало сентября) отбирали образцы лесной подстилки (по подгоризонтам L, F, H) для определения общих физико-химических свойств и содержания органических углерода и азота. Важно, что сезонные изменения поступления опадов, напочвенного и корней, не оказывают влияния на общую закономерность распределения валовых органических углерода и азота по подгоризонтам лесных подстилок. В подстилках подбуров (Кузнецкое), образованных на богатых полуторными окислами песках C/N вниз по лесной подстилке уменьшается. В подзолах на песках, в которых преобладает SiO₂ (Молодежное, Толмачево), C/N от L к H несколько увеличивается. По литературным данным, значительное увеличение C/N выявлено в подстилках подзолов под сосняками на внутриматериковых кварцевых дюнах Голландии (Emmer, 1995). Важно также отметить, что в изученных сосняках поступающий на почву опад чрезвычайно беден азотом по сравнению с лесными подстилками. Вероятно, в лесной подстилке азот все же накапливается по отношению к свежему опад. Но здесь устанавливаются особые, определяемые биотическими и абиотическими факторами, закономерности. Мы полагаем, что ведущую роль в формировании качества лесных подстилок играет химизм почвообразующих пород. Итак, данные наших полевых исследований песчаных почв, согласуются с результатами полученными в лабораторных экспериментах и подтверждают наше предположение об усилении минерализации азота при разложении растительных остатков в контакте с бедными полуторными окислами почвообразующими породами. Результаты проекта могут быть полезны при проведении мероприятий по восстановлению лесов на нарушенных ландшафтах (карьерах после разработок полезных ископаемых) и проведении лесоустроительных мероприятий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 10-04-0048-а и темы 1.0.142.2010 ЕЗН НИР Санкт-Петербургского государственного университета.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПАЛЕОПОЧВ РАННЕЙ И СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ САМАРСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Некрасова О.А.¹, Дергачева М.И.², Васильева Д.И.³

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, o_nekr@mail.ru;

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
mid555@yandex.com;

³Самарская академия государственного и муниципального управления,
vasilievadi@mail.ru

Способность гуминовых кислот аккумулировать и депонировать в своем составе минеральные элементы, общеизвестна, но материалов, характеризующих этот компонент гумуса почв и палеопочв разного голоценового возраста, функционирующих в разнообразных природных условиях, немного. В то же время любые количественные характеристики насыщенности гуминовых кислот (ГК) различными элементами будут способствовать познанию их функций, связанных с депонированием элементов питания и иммобилизацией токсичных веществ. При этом изучение связывания и удержания микроэлементов в своем составе ГК палеопочв, погребенных под курганами (что является дополнительной защитой от антропогенного загрязнения, передающегося воздушным путем), позволит в дальнейшем более четко выявить их участие в реализации функций при чисто природных влияниях.

В настоящем сообщении обсуждается содержание микроэлементов в ГК на примере почв разного возраста, расположенных в практически незагрязненном Нефтегорском районе Самарского Поволжья: погребенных под курганами эпохи ранней (3–4 тыс. лет назад) и средней (2,5–3 тыс. лет назад) бронзы. Образцы отбирались сплошной колонкой каждые 5–10 см в пределах всех морфологически выделяемых горизонтов на центральной бровке, в дополнительных зачистках на боковых стенках, а также по всей мощности вскрытого траншеей гумусового горизонта погребенной почвы, как правило, через 1–1,5 м (иногда меньше) по его простираанию (всего 5–10 повторностей). Для оценки различий депонирования разных элементов в суббореале и современности, изучали по аналогичной программе ГК почв дневной поверхности (фоновых), расположенных на одних площадках с погребенными.

Все разновозрастные почвы, включая современные, относятся к черноземному типу, расположены в условиях равнинного рельефа первой надпойменной террасы, близки по гранулометрическому составу. Глуби-

на залегания гумусового горизонта погребенных под курганами почв колеблется от 40–45 до 80–90 см от дневной поверхности.

Расчет доли депонированных элементов в ГК проводился с учетом содержания и состава гумуса, а также элементного состава гуминовых кислот.

Установлено, что определенного тренда в изменении количеств элементов в ГК (мг/кг) или долей в общем их содержании в почвах во времени явно не проявляется. Все уровни (и высокие, и низкие) накопления элементов в гуминовых кислотах встречаются в палеопочвах как самых древних (ямная культура), так и в последующие периоды погребения (во время существования ямно-полтавкинской, полтавкинской и срубной культур). Однако среднестатистические доли гуминовых кислот явно уменьшаются во времени от периода существования ямной до срубной культур (от 6,7% постепенно до менее 1,0%). Из девяти изученных элементов (Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn) наибольшими количеством и долями, имеющимися в ГК, отличаются Cu и Sn, что не противоречит имеющимся в литературе данным, характеризующим гуминовые кислоты современных почв. Марганец и ванадий связываются ГК в самых меньших количествах – менее 0,1%. Следующим по доле, приходящейся на ГК в общем содержании микроэлементов в палеопочвах разного возраста, после Cu и Sn следует Mo (0,8–1,6%), немногим меньше – Cr, Pb, Ni.

В целом во все временные отрезки изученного периода голоцена гуминовые кислоты связывали на территории Нефтегорского района Самарского Поволжья в среднем от 0,1% до 6–7% разных микроэлементов от их содержания в почвах. Можно предполагать, что связывание микроэлементов гуминовыми кислотами было обусловлено их потенциалом, который в данных почвах не зависит от времени погребения.

УДК 631.416.9

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИНКА, МЕДИ И СВИНЦА В ПОЧВАХ УРБОЛАНДШАФТОВ Г.АРХАНГЕЛЬСКА

Никитина М.В., Репницына О.Н.

*Северный (Арктический) Федеральный университет, Архангельск,
vitama@rambler.ru*

Экологические проблемы, вызванные деятельностью человека, имеют комплексный характер. В значительной степени они обусловлены включением в миграционные потоки всех основных цепей техногенных токсикантов, в том числе тяжёлых металлов (ТМ). Поэтому выяснение законо-

мерностей, определяющих содержание и миграцию ТМ в почвенном покрове, как исходном звене в миграции металлов, обладающем трансформирующими свойствами, занимает одно из важнейших мест в комплексе задач по охране природы.

Почвенно-растительный покров территории г. Архангельска исследовался на содержание тяжёлых металлов с учётом ландшафтной организации. На территории города было заложено 26 пробных площадей на 4 типах урбондшафтов. В качестве техногенно-антропогенных анализировались селитебный и промышленный ландшафты, а в качестве природно-антропогенных – лесной и луговой. В образцах почв проводили определение подвижных форм меди, цинка и свинца – основных приоритетных загрязнителей почвенного покрова г. Архангельска, к которым относятся обменные, комплексные и специфически сорбированные формы. Определение проводилось атомно-абсорбционным методом с применением различных почвенных вытяжек.

В ходе исследования было определено, что в городских почвах в отличие от естественных изменяется не только соотношение трансформационных форм, но и характер связи металлов с почвенными компонентами. Так, в почвах фоновой территории, которые представлены дерновыми легкосуглинистыми почвами, наибольшее количество Cu (> 48%) присутствует в малоподвижной специфически сорбированной форме (это соединения ТМ, удерживаемые в основном ковалентными и координационными связями), что объясняется низким уровнем содержания валовых форм. В почвах лугового, промышленного и лесного ландшафтов валовое содержание и доля обменных форм металлов (соединений, удерживаемых почвой за счёт электростатического взаимодействия) Cu увеличиваются. Для селитебного ландшафта, который представлен в основном урбаноземами, где содержание Cu в почвах максимально ($31,9 \pm 12,8$ мг/кг) доля обменных форм крайне низка (по всему профилю не превышает 3%). В почвах этого ландшафта Cu в большей степени находится в специфически сорбированном состоянии, что обусловлено прочным связыванием её с почвенно-поглощающим комплексом (ППК). Особенно высока подвижность Cu в торфяных почвах лесного ландшафта. В связи с низким содержанием глины отсутствует поглощение этого элемента ППК, а слабая разложенность торфа не позволяет сорбировать металл органическим веществом. Аналогичное распределение трансформационных форм характерно и для Pb, так как Cu и Pb близки по химическим свойствам и тяготеют к образованию специфических связей с компонентами ППК. Распределение Zn по почвенному профилю лугового и лесного ландшафтов относительно равномерное и наибольшее его количество в данных ланд-

шафтах представлено специфически сорбированными формами. Вниз по профилю фонового участка происходит фиксация Zn за счёт образования органо-минеральных комплексов, а в селитебном ландшафте – за счёт специфической сорбции почв.

Таким образом, по степени подвижности в почвах техногенно-антропогенных ландшафтов подвижные формы (актуальные запасы) металлов располагаются в ряд: $Pb > Cu > Zn$, а природно-антропогенных ландшафтов – $Pb > Zn > Cu$.

Исследования поддержаны грантом РФФИ и Администрации Архангельской области № 11-04-98800-а.

УДК 631.42+ 632.15

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
m.opkunova@mail.ru*

В настоящее время около 37% территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) отведено под лицензионные участки добычи углеводородного сырья. Освоение нефтегазовых месторождений севера Западной Сибири сопровождается трансформацией почв, включающей как загрязнение, так и геомеханическое нарушение.

Анализ состояния почв в районах нефтегазодобычи ЯНАО проведен на 28 лицензионных участках, расположенных в северо-таежной, лесотундровой и тундровой зонах. Наблюдения и отбор проб выполнялись с учетом пространственной дифференциации природной среды на всех уровнях элементарного геохимического ландшафта: элювиальном, транзэлювиальном, субаквальном и аквальном. Химическое загрязнение почв оценивалось по комплексу ингредиентов: тяжелые металлы (Cr, Ni, Pb, Co, Fe, Hg, Mn, Zn, Cu), As, металлы-индикаторы загрязнения при нефтегазодобыче (Ba, V), нефтяные углеводороды (НУ), полихлорбифенилы (ПХБ), полиароматические углеводороды и радионуклиды.

Как показали проведенные исследования, к наиболее распространенному виду химического воздействия относится загрязнение НУ. В поверхностном слое почв средняя концентрация НУ достигает 318–598 мг/кг, в иллювиальном горизонте – 16–161 мг/кг. В единичных пробах значение НУ (1088–4115 мг/кг) превышает допустимую концентрацию. В почвах вблизи разведочных

скважин обнаружены высокие содержания нафталина, флуорантена, бенз/а/антрацена, бенз/б/флуорантена + перилена и бенз/к/флуорантена. Повышенные концентрации бенз/а/пирена и антрацена указывают на антропогенную нагрузку, обусловленную использованием автомобильного транспорта. Во всех изученных почвах отмечены значимые концентрации ПХБ, указывающие на трансграничный перенос поллютантов. Уровень активности радионуклидов и величина β -излучения в почвах находятся в пределах фона и обусловлены естественной радиоактивностью.

На территории месторождения выделяются участки локального загрязнения почв металлами, концентрации которых превышают ОДК. Почвы преимущественно загрязнены Ni (>20 мг/кг), на отдельных площадках – Cd ($>0,52$ мг/кг). Около разведочных скважин почвы обогащены Ba, что связано с проведением буровых работ. Вблизи скважин и отсыпки дорог отмечается превышение нормативов для Pb (до 50 мг/кг), что обусловлено загрязнением от автомобильного транспорта.

Расчет показателя суммарного загрязнения почв свидетельствует о наличии участков со средним и сильным загрязнением ТМ ($Z_c=17-36$), связанным с разработкой месторождения и поступлением загрязняющих веществ от площадок разведочных скважин. Обустройство кустов промысловых скважин, строительство объектов инфраструктуры промыслов и разработка карьеров сопровождаются обычно слабым загрязнением почв. Почвы вблизи автодорог также чаще всего относятся к категории слабого загрязнения.

Механические нарушения, приводящие к эрозии почв, преимущественно встречаются на законсервированных лицензионных участках (Северо-Пуровский, Северо-Самбургский, Северо-Часельский, Ево-Яхинский, Северо-Парусовый, Парусовый, Южно-Парусовый и др.), где выполнены только геологоразведочные или поисково-оценочные работы, и не проводилась рекультивация нарушенных земель. Площадь локальных изменений, сопровождающих места организации временных поселков и площадки пробного бурения, может достигать до 1 км в диаметре, но не превышает 1–2% территории лицензионных участков. Нарушение структуры почвенного покрова чаще всего обусловлено пожарами различной давности и может носить как локальный, так и территориальный масштабы. На некоторых месторождениях общая площадь таких земель составляет 15–25%.

Полная трансформация почвенного покрова наблюдается в местах отсыпки минерального грунта под строительство кустов эксплуатационных скважин и объектов инфраструктуры, на месте действующих карьеров. На их долю приходится в среднем 2–5% площади лицензионных участков.

Разъезды гусеничного транспорта, сопровождающиеся растеплением грунтов, индицируются вторичным заболачиванием и развитием криогенных процессов.

Таким образом, максимальная трансформация почв отмечается локально вблизи объектов нефтегазодобычи. Она сопровождается химическим загрязнением, механическими нарушениями, оттайкой, вторичным заболачиванием или эрозией. Значимых изменений почвенного покрова на территориальном и региональном уровнях не наблюдается. Преобладают почвенные разности и их микро- и мезокомбинации, обусловленные естественной гетерогенностью природной среды, а химические показатели почв соответствуют фоновым значениям.

УДК 631.4

СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Перевалова А.С.

*Астраханский государственный университет, Астрахань,
perevalova76@ramler.ru*

Формирование современных почв Волжской дельты тесно связано с её гидрологическим режимом, который в свою очередь обусловлен рядом естественных и антропогенных факторов, оказывающих влияние на накопление в почвах азота, фосфора и калия. Значительная часть дельты Волги представлена аллювиально-дельтовыми луговыми почвами, формирующихся в условиях периодического затопления паводковыми водами.

Целью работы стало изучение особенностей накопления азота, фосфора и калия в гидроморфных почвах сформированных на территории дельты Волги.

Исследования проводили на территории дельты Волги на высоте –22–27 м ниже уровня мирового океана, в центрально-восточной и южной части центральной дельты. Почвенные разрезы были заложены под двумя растительными ассоциациями на территории сельскохозяйственных угодий Камызякского района Астраханской области, в южной части дельты Волги.

В качестве объектов исследования были выбраны аллювиально-дельтовые луговые почвы различной степени гидроморфизма.

Определение общего азота проводили методом Кьельдаля, после предварительного мокрого озоления по К. Гинзбург. подвижных соединений фосфора извлекали из почвы раствором углекислого аммония при отношении почвы к раствору 1:20 и последующем определении фосфора в виде

синего фосфорно- молибденового комплекса фотометрическим методом, содержание подвижного калия определяли на пламенном фотометре.

Наибольшие значения содержание общего азота в почве отмечается в верхних горизонтах. В южной части центральной дельты содержание общего азота варьирует от 1,39% до 2,2%, в центрально восточной части отмечается более высокое содержание до 2,5%. С глубиной зафиксировано резкое уменьшение содержания общего азота, минимальное содержание которого составляет 0,01–0,03% на глубине 40–60 см.

Содержание подвижного фосфора в почвенных образцах исследуемых участков варьирует от 0,01 мг/100 г почвы на поверхности в южной части, до 6,81 мг/100 г почвы на глубине 10–20 см в центрально-восточной части.

В центрально-восточной части дельты максимальное содержание обменного калия приурочено к верхней части профиля до 13,42 мг/100 г почвы, при этом минимальное содержание отмечается на глубинах 60–70 см (2,33 мг/100 г почвы). Южная часть наоборот характеризуется повышенным содержанием калия в средней части профиля до 13,27 мг/100 г почвы и низким содержанием его в верхней части профиля (0,17 мг/100 г почвы).

В целом результаты исследования показали что, большее содержание азота и фосфора свойственно для почв южной части центральной дельты. Возможно, это связано с более благоприятными условиями для развития почвенной биоты способствующей накоплению азота и фосфора, а также влиянием растительных сообществ, сформированных на данной территории. Калием более обогащены почвы центрально-восточной части дельты Волги, что может быть связано с особенностями минерального состава материнских пород на которых сформированы данные почвы.

УДК 631.412

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛИЯ МЕЖДУ ПЛАНАРНЫМИ И СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ПОЗИЦИЯМИ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ И ВХОДЯЩИХ В ЕЕ СОСТАВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЯХ МЕНЬШЕ 10 МКМ

Петрофанов В.Л.

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

Известно, что калий может быть расположен как на поверхности, так и в межпакетном пространстве глинистых минералов. Калий планарных позиций относится к наиболее подвижной части обменного ка-

лия; межслойный калий, по краям кристаллитов глинистых минералов и в некотором удалении вглубь от краев, относится к наиболее прочно удерживаемому и необменному.

В результате проведенных исследований были установлены закономерности распределения калия между планарными и специфическими позициями. Для работы использованы образцы длительного полевого опыта с удобрениями на дерново-подзолистой супесчаной почве (опыт Прянишникова, г. Москва, РГАУ-МСХА). В работе задействованы варианты «контроль», «NPK», «NPK+навоз».

Для интерпретации данных использовалось графическое представление уравнения параболической диффузии, позволяющее определить содержание калия на планарных и специфических (межпакетных) позициях глинистых минералов. Доля межпакетного калия определялась как в цельных образцах почв, так и во фракциях <0,2 мкм, 0,2–1,0 и 1–10 мкм.

Доля межпакетного калия для фракции <0,2 мкм колеблется от 22 до 24%, для фракции 0,2–1,0 мкм от 17 до 51%, для фракции 1–10 мкм от 18 до 27%, для почвы в целом – от 22 до 26%. Доля калия в межпакетном пространстве, как гранулометрических фракций, так и почвы в целом варианта «контроль» оказалась меньше по сравнению с вариантами «NPK» и «NPK+навоз». Различия между удобренными вариантами «NPK» и «NPK+навоз» статистически не существенны. Особо выделяется значительное увеличение доли межпакетного калия (в 2–3 раза) на фоне применения удобрений в частицах размером 0,2–1,0 мкм. Различия для остальных фракций между контрольным и удобренными вариантами сравнительно меньше, но статистически достоверны.

В варианте «контроль» большая доля межпакетного калия отмечена в коллоидной фракции. Во фракциях 0,2–1,0 и 1–10 мкм варианта «контроль» доля такого калия меньше, и между собой значения статистически неотличимы. В результате длительного применения удобрений большая доля межпакетного калия среди трех исследованных фракций установлена для частиц размером 0,2–1,0 мкм. При этом во фракции <0,2 мкм было минимальное значение доли межпакетного калия из трех рассматриваемых фракций. Такие изменения свидетельствуют о большем влиянии системы удобрений на распределение калия между планарными и межслоевыми позициями прежде всего во фракции 0,2–1,0 мкм, что может отражаться в роли данной гранулометрической фракции в питании растений.

Если проводить насыщение образцов фракций и почв калием, то количество калия в межпакетном пространстве глинистых минералов увеличивается в 1,5–3 раза. Однако по абсолютному значению это не сопоставимо с тем, сколько калия сорбируется на поверхности частиц. Количес-

во калия на планарных позициях увеличилось в 10–30 раз по сравнению с исходными образцами. Таким образом, доля калия, извлекаемого из межпакетных позиций гранулометрических фракций <10 мкм и почв после инкубирования, оказалась существенно меньше по отношению к ненасыщенным данным элементом исходным образцам. Для фракции <0,2 мкм она составила 3,5–5,3%, для фракции 0,2–1,0 мкм – 2,0–4,9%, для фракции 1–10 мкм – 3,3–4,9% и для почвы в целом – 3,63–6,3%.

При этом различия между вариантами без удобрений и с удобрениями нивелировались. Однако статистически достоверные отличия между вариантом «контроль» и удобренными вариантами опыта после насыщения калием сохранились.

УДК 631.416.8

ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

Протасова Н. А.

Воронежский государственный университет, Воронеж, prot.niko@rambler

Пестрота геолого-геоморфологического строения, разнообразие почвенного и растительного покрова обуславливают мозаичность в пространственном распространении химических элементов в лесостепных и степных ландшафтах Воронежской области. С целью проведения геохимического анализа пространственной и внутривидовой дифференциации химического состава почв, функционирования локального почвенно-геохимического мониторинга земель и оптимизации землепользования составлена карта почвенно-геохимического районирования территории области. При выделении почвенно-геохимических округов и районов учитывалась ассоциация химических элементов, включающая типоморфные – кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий, фосфор, серу; редкие и рассеянные элементы – марганец, медь, цинк, кобальт, хром, ванадий, никель, титан, цирконий, бериллий, барий, стронций, бор, йод, молибден в зональных почвах и почвообразующих породах, которые формируют геохимическую ситуацию и поступают в пищевую цепь. Карта почвенно-геохимического районирования Воронежской области составлена на основе картографических материалов физико-географического, почвенного и почвенно-геохимического районирования Центрального Черноземья и карт-схем содержания химических элементов в зональных почвах области. Информационным обеспечением поч-

венно-геохимического районирования территории области служит база данных по содержанию 24 химических элементов в почвообразующих породах и зональных почвах лесостепных и степных ландшафтов. Главным критерием при выделении почвенно-геохимических округов и районов является уровень валового содержания макро- и микроэлементов в преобладающих на данной территории почвах в сравнении с их средним содержанием (кларком) по Виноградову, которое условно принимается за оптимальное (нормальное). В соответствии с системой таксонов, разработанной А. П. Виноградовым, В. В. Ковальским, В. Б. Ильиным и др., на территории Воронежской области выделено два почвенно-геохимических округа, приуроченных к определенным геоморфологическим структурам и ландшафтам, и шесть почвенно-геохимических районов, отражающих пространственную и внутрипрофильную дифференциацию в распределении химических элементов в зональных почвах различных типов местности. Для каждого почвенно-геохимического района установлено «фоновое» валовое содержание 24 химических элементов в почвах природных и аграрных ландшафтов, которое предлагается использовать как критерий при оценке техногенно загрязненных почв. Оценка экологического состояния загрязненных почв производится путем сравнения с «нормой» – содержанием элементов в почвах «фоновых» территорий (геохимический фон), каковыми являются целинные или залежные заповедные участки, не испытавшие антропогенного воздействия. Карта почвенно-геохимического районирования области отражает распределение химических элементов в зональных почвах Воронежской области, включая и заповедные территории (дерново-лесные почвы Воронежского государственного биосферного заповедника, серые лесные почвы Шипова леса, черноземы обыкновенные Каменной и Хрипунской степи). На территории Воронежской области получили широкое распространение заболевания щитовидной железы у населения, которые в ряде районов имеют характер зобной эндемии, связанной с дефицитом йода в трофической цепи. Йодная недостаточность выявлена в районах распространения серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов, а так же типичных и обыкновенных, если они малогумусны, или имеют легкий гранулометрический состав, или эродированны. В условиях техногенного или агрогенного загрязнения почв, в которых нарушается определенное сбалансированное соотношение микроэлементов, напряженность заболеваний щитовидной железы усиливается. Карта почвенно-геохимического районирования Воронежской области может найти широкое применение в биологии, медицине, ветеринарии, экологии, сельском хозяйстве, в системе здравоохранения при организации профилактических противозобных мероприятий в области.

СПЕЦИФИКА КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ БУФЕРНОСТИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В РИЗОСФЕРЕ ЕЛИ В ГОРИЗОНТЕ АЕ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Русакова Е.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, rrec88@gmail.com

Изучение специфики почвенных свойств в ризосфере необходимо для познания происходящих в почве реакций и механизмов биокосных взаимодействий, составляющих сущность процесса почвообразования. Различия в свойствах между почвой ризосферы и внеризосферной зоны являются важнейшим фактором пространственного и временного варьирования почвенных характеристик. Концентрация микроорганизмов в сочетании с прямым влиянием корневых систем растений на почву приводит к существенным различиям в свойствах между почвой в ризосфере и вне ризосферы.

За счет корневых выделений в почву поступает до 20% и более органического углерода. Поэтому в ризосфере формируется иной субстрат для развития микроорганизмов, чем в почве вне ризосферы, что определяет различия в составе микробиоты.

Более кислая реакция среды в сочетании с более высокой концентрацией органических лигандов в жидкой фазе создает необходимые предпосылки для интенсификации процесса выветривания минералов в ризосфере.

Все сказанное позволяет предполагать, что в одном и том же генетическом горизонте почвы ризосферы и почвы внеризосферной зоны вследствие отличий в свойствах должны отличаться по показателям кислотно-основной буферности.

Объектами исследования были образцы горизонта АЕ, отобранные в пятикратной повторности из ризосферы ели и из внеризосферного пространства под той же елью из подзолистой почвы на территории Центрально-Лесного заповедника (Тверская область).

В образцах определяли содержание органического углерода, обменных оснований, значения рН.

Буферность к кислоте и к основанию оценивали методом непрерывного потенциометрического титрования водных суспензий при разбавлении 1:10 образцов в атмосфере без CO₂. По данным титрования рассчитывали общую буферность к кислоте и к основанию. Рассчитывали также буферность к кислоте и к основанию по интервалам значений рН, равным 0,25 единицы рН.

Проведенное исследование показало, что почва ризосферы содержит достоверно (при $P = 0,9$) больше органического вещества, обменного Са и обменного К по сравнению с почвой внеризосферного пространства.

Статистическая обработка полученных результатов определения общей буферности выявила наличие достоверных различий между почвой ризосферы и внеризосферного пространства в отношении общей буферности к основанию – в ризосфере эта величина оказалась примерно на 25%, больше, чем во внеризосферной зоне (232 и 176 ммоль экв/кг соответственно). В отношении общей буферности к кислоте достоверных значений не выявлено.

Достоверные при $P = 0,9$ различия в величинах общей буферности к основанию между почвой ризосферы и внеризосферной зоны обеспечиваются преимущественно различиями в области значений $pH > 9$. Это объясняется более высоким содержанием в почве ризосферы органического вещества, и, вероятно, подвижных соединений Fe и Al. Предполагается, что главными буферными реакциями в этой области значений pH при титровании основанием являются: депротонирование фенольных гидроксидов специфических и неспецифических органических кислот, повышение основности Fe-органических и Al-органических комплексов и депротонирование поверхностных гидроксильных групп минералов гидроксидов Fe.

Выводы

1. В горизонте АЕ подзолистой почвы почва ризосферы содержит достоверно (при $P = 0,9$) больше органического вещества, обменного Са и обменного К по сравнению с почвой внеризосферного пространства. Почва ризосферы характеризуется более низким значением pH_{H_2O} , более высокой обменной кислотностью и большим содержанием обменного Mg, но по трем последним показателям различия выявляются только как тенденции.
2. Почва ризосферы характеризуется значимо (при $P = 0,9$) более высокой общей буферностью к основанию за счет повышенных значений буферности в интервале значений pH от 9 до 10 по сравнению с почвой внеризосферной зоны.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ КАТЕН СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Самонова О.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, oasamonova@mail.ru

Геохимии редкоземельных элементов (РЗЭ) в магматических, метаморфических и осадочных процессах посвящено большое количество исследований; их участие в почвенных и ландшафтно-геохимических процессах изучено менее детально. Особый интерес представляет анализ содержания и распределения РЗЭ в почвах фоновых территорий, находящихся вне сферы влияния источников эмиссии, где их поступление связано только с глобальными азральными потоками.

Изучено содержание и распределение легких (La, Ce), средних (Sm, Eu, Tb), тяжелых (Yb, Lu) лантанидов в почвах катен ландшафтов смешанных лесов юго-восточной части Смоленско-Московской возвышенности: дерново-среднеподзолистых на покровных и моренных суглинках, дерново-подзолисто-глеевых и торфянисто-перегнойно-глеевых на покровных суглинках, дерновых грунтово-глееватых на балочном аллювии, пойменных дерновых слоистых на аллювиальных карбонатных песках. Они характеризуют автономные, трансэлювиальные, трансаккумулятивные и супераквальные ландшафты бассейна среднего течения р. Протвы.

Содержание элементов определено нейтронно-активационным методом, точность анализа $\pm 5\%$. Оценка радиальной (по генетическим горизонтам почв) и латеральной (в почвах катен) дифференциации элементов проведена с помощью одноименных показателей: коэффициент радиальной дифференциации (R) рассчитан как отношение содержания элемента в исследуемом горизонте к его содержанию в почвообразующей породе; коэффициент латеральной дифференциации (L) представляет собой отношение содержания элемента в почве (по среднему содержанию в почвенном профиле или по содержанию в горизонте A1) исследуемого ландшафта к его содержанию в почве автономного ландшафта. Дифференциация содержаний элементов в гумусовых горизонтах почв более адекватно отражает их участие в современных миграционных процессах на данной территории.

Содержание РЗЭ в почвообразующих отложениях, служащих основным источником элементов в почвах, обусловлено их литогеохимиче-

ским типом. Покровные и моренные суглинки слабо отличаются по среднему содержанию РЗЭ; их концентрации (мг/кг) составляют для La–35,3; Ce–67,0; Sm–6,3; Eu–1,1; Tb–1,0; Yb–3,3; Lu–0,45. Содержание элементов в песчаных отложениях ниже, в среднем, в 2 раза; выявлено влияние карбонатности на концентрацию большинства РЗЭ в этих отложениях. В песчаном пролювии содержание La составляет 18,5 мг/кг, а в карбонатных аллювиальных песках оно возрастает до 23,0 мг/кг. Аналогичные показатели для других элементов выглядят следующим образом: Ce–36,0–45,0; Sm–3,1–4,9; Yb–2,0–3,1; Lu–0,25–0,43. Отсутствие различий между двумя типами песчаных отложений характерно для Eu и Tb, содержание которых одинаково и составляет 0,7 мг/кг. Таким образом, гранулометрический состав отложений является одним из важнейших факторов, определяющих концентрацию РЗЭ; полученные данные указывают на участие элементов в сорбционных процессах и возможность их накопления на щелочном геохимическом барьере.

Почвообразовательные процессы обуславливают дифференциацию содержаний РЗЭ по генетическим горизонтам почв; ее контрастность определяется геохимическими свойствами отдельных элементов, типом почвы и степенью развития этих процессов. Для Sm, Yb, Lu выявлена тенденция к участию в гумусово-аккумулятивном процессе, а для La, Sm, Eu, Lu – в элювиально-иллювиальном. Наиболее равномерно по генетическим горизонтам почв распределены содержания Tb и Yb.

Главным фактором латеральной дифференциации РЗЭ в почвах катен является гранулометрический и химический состав почвообразующих отложений, монолитность или гетеролитность катен. В монолитных катенах значения L, рассчитанные по среднему содержанию РЗЭ в почвенном профиле, лежат в интервале 0,8–1,2. Аналогичный интервал для L, рассчитанных по содержанию в гумусовом горизонте почв, составляет 0,4–1,5. Это подтверждает участие РЗЭ в современных ландшафтно-геохимических процессах, максимальная активность которых проявляется в поверхностных горизонтах почв. В гетеролитной катене значения L, независимо от метода их расчета, находятся в пределах 0,5–1,1.

**СПЕЦИФИЧЕСКИ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИ (ОБМЕННЫЕ)
СОРБИРОВАННЫЕ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ФОНОВЫХ ПОЧВЕННЫХ СОПРЯЖЕНИЯХ МИКРОАРЕН
СРЕДНЕЙ ТАЙГИ И ЛЕСОСТЕПИ (КНЯЖПОГОСТСКИЙ
РАЙОН РЕСПУБЛИКИ КОМИ И ПЛАВСКИЙ
РАЙОН ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Семенков И. Н., Терская Е. В.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, semenkov@igem.ru

Поступление поллютантов в почвы в результате антропогенной деятельности и возможность их дальнейшего распространения с латеральным и радиальным потоком вещества определяет необходимость изучения естественной подвижности тяжёлых металлов (ТМ) в фоновых каскадных системах различного пространственного уровня. Объектом исследований являются ТМ в балочных сопряжениях почв средней тайги и лесостепи. Первое сопряжение представлено катенами с дерново-подзолистыми со вторым гумусовым горизонтом остаточными карбонатными почвами на приводораздельных позициях и склонах, сменяющихся дерново-глеевыми в днище балок; второе – агрочерноземом выщелоченным – агрочерноземом оподзоленным – лугово-черноземной почвой (стратоземом).

В настоящее время в литературе существуют материалы по содержанию подвижных форм (ПФ) элементов в различных почвах России и мира, но отсутствуют данные, отражающие смену фракционного состава ТМ в почвенных сопряжениях различных природных зон. Целью наших исследований является анализ пространственной дифференциации содержания ТМ в почвах монолитных катен, образующих микроарену (водосбор балки).

Почвы лесостепной микроарены сформированы на лессовидных карбонатных суглинках, среднетаежной – на карбонатной днепровской морене. Почвы первого сопряжения имеют крупнопылевато-средне-тяжелосуглинистый состав, рН $5,6 \pm 0,5$ в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте и содержат 2,6–2,9% углерода органических веществ ($n=16$). Почвы второго сопряжения мелкопесчано-легкосуглинистые с рН $4,6 \pm 0,6$ и содержанием углерода органических веществ $1,7 \pm 0,9\%$ ($n=17$).

Валовое содержание ТМ в верхнем корнеобитаемом слое почв лесостепной микроарены слабо варьирует, и его можно рассматривать в качестве фонового. Содержание Sr в почвах микроарены превосходит имеющиеся в литературе данные; повышена концентрация Zn, Ni, Cu, Co и понижена Pb. В выщелоченных и оподзоленных черноземах валовое содержание Co, Cu, Ni,

Pb и Sr возрастает с глубиной, Mn – уменьшается. В средней части профиля этих почв накапливаются Zn, Fe и Cr. В лугово-черноземных почвах большинство элементов распределены равномерно по профилю. Исключение составляют Mn, Zn и Fe, имеющие тенденцию к накоплению с глубиной.

Среди подвижных доминируют формы, извлекаемые 1н. HNO₃. Исключение составляют Mn, Co и Pb, у которых содержание органо-минеральных форм выше, чем сорбированных (что свидетельствует о значительной роли биогенного фактора в миграции данных элементов), а также Sr и отчасти Zn, у которых важное значение играет обменная форма. В целом, доля обменных форм незначительно представлена во фракционном составе подвижных соединений изученных элементов и не превышает 3% от валового. Только у Sr она по содержанию превышает все остальные подвижные формы, что свидетельствует о высокой доступности растениям и легкой мобилизуемости при подкислении в почвах микроарены. У Zn соотношение обменной и сорбированных форм 1:1. Ряд подвижности элементов (по концентрации ПФ): (Mn, Pb)>Sr>(Co, Ni, Cu, Zn)>Fe>Cr.

Валовое содержание ТМ в верхнем корнеобитаемом слое почв среднетаежной микроарены не имеет статистически значимых отличий от аналогичных показателей в случае лесостепной микроарены. Лишь концентрация Pb повышена в 2 раза, что соответствует литературным данным для дерново-подзолистых почв. Содержание кислоторастворимых Mn, Pb, Co, Cu близко в рассматриваемых микроаренах, а Fe и Cr на порядок больше в среднетаежной; по сравнению с лесостепной несколько снижено содержание кислоторастворимых Ni и Sr и повышена доля Zn. Ряд подвижности элементов в среднетаежной микроарене: (Mn, Pb, Fe)>(Co, Zn, Cu)>Cr>Sr>Ni.

УДК 631.41

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ, РАЗВИТЫХ НА ЛЕССОВИДНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Середина В.П.

Томский государственный университет, Томск, Seredina_V@mail.ru

По современным представлениям почва является одним из сложнейших объектов теории ионного обмена, в состав которой входят многие неорганические и органические иониты и инертные компоненты. Особенно сложными являются процессы и явления, происходящие при сорбции и ионном обмене крупных ионов, в частности, калия. В связи с этим, в

настоящее время наблюдается повышение интереса к описанию термодинамических свойств почвенной системы, в том числе, реакций ионного обмена щелочноземельных катионов и калия. В данной работе обобщены и представлены характеристики калийного состояния автоморфных почв Западно-Сибирской равнины, основанные на теоретических представлениях о механизмах химических реакций в почвах с использованием термодинамических показателей – калийного потенциала (КП) и потенциальной буферной способности почв в отношении калия (ПБС^К).

Природа разнокачественности калийного состояния почв, прежде всего, является функцией почвообразующей породы, поскольку она служит исходным минеральным субстратом, на который воздействуют все другие факторы почвообразования. Анализ крупнодисперсных фракций широко распространённых в различных почвенно-биоклиматических зонах Западной Сибири лёссовидных отложений и формирующихся на них почв свидетельствует об однообразии состава первичных калийсодержащих минералов и однотипном характере их внутрисочвенных преобразований. В основе минералогического состава илистых фракций как в породах (лессовидные суглинки), так и развитых на них почв (дерново-подзолистых, серых лесных, черноземов), преобладают слюда-сметитовые неупорядоченные смешаннослойные образования и гидрослюда. Именно глинистые минералы, являющиеся центральным блоком калийного состояния почв, образуют сложные системы, неравноценные по свойствам минералам из мономинеральных месторождений.

Основной термодинамической функцией для описания почвенных процессов является свободная энергия Гиббса, величина которой в исследованных автоморфных почвах колеблется в широких пределах: от –1241 до –4719 кал. Диапазон значений калийного потенциала составляет 0,91–3,59. Согласно изменению величины КП наиболее благоприятные условия калийного питания растений складываются в чернозёмных почвах, особенно в подтипах обыкновенных и южных. В данных почвах существенно увеличивается активность ионов калия по сравнению с почвами с текстурно-дифференцированным профилем. Зависимость между калийными потенциалами и концентрациями калия характеризуется высокими достоверными коэффициентами корреляции ($r=0,78$).

Буферность почв на коллоидно-кристаллохимическом уровне связана, прежде всего, с действием сорбционно-десорбционных механизмов. Выявлено три типа кривых ПБСК. Для большинства исследованных почв характерен третий тип кривой, форма которого близка к S – образной. Практически все экспериментальные точки на графиках, кроме самой

первой при нулевой концентрации калия в исходном растворе, расположены выше горизонтальной оси. Можно считать, что во всех исследованных почвах ПБСК указывает на способность почв поглощать калий из раствора, а не десорбировать ионы калия в раствор.

Установлено, что применительно к определенным геохимическим условиям и соответствующим им группам почв изменяется величина основных термодинамических параметров калийного состояния. В ряду автоморфных почв: дерново-подзолистые, светло-серые, серые, темно-серые лесные, черноземы оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, южные – показатели буферности повышаются от 49 до 216 (мг-экв/100г) · (моль/л)^{-0,5} и имеют тесную достоверную связь с содержанием в почвах обменного калия ($\gamma=0,98$) и илистой фракции ($\gamma=0,87$).

Содержание и профильное распределение величины ΔK_0 (калий неспецифических обменных позиций почвенного поглощающего комплекса) обусловлено типовой принадлежностью почв, характером и направленностью почвообразовательных процессов.

УДК 631.412:631.74

МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ БУРЕЙСКОЙ ГЭС

Сиротский С.Е., Климин М.А., Харитонов Г.В., Уткина Е.В.

ИВЭП ДВО РАН, Хабаровск, sirotsky@ivep.as.khb.ru

Проблема мониторинга и прогноза природных процессов в зоне влияния крупных гидроузлов в настоящее время становится все более актуальной как для бассейна р. Буряя, так и для всего бассейна Амура в связи с функционированием существующих и строительством новых ГЭС.

В работе рассмотрены особенности микро- и макроэлементного состава в системе “почвы – донные отложения (ДО)” для бассейна р. Буряя в зоне влияния Бурейской ГЭС. Для этого в верхнем и нижнем бьефах плотины были выбраны реперные участки, представленные типичными почвами и растительностью, и заложены почвенные разрезы. Валовой химический состав почв и ДО определяли рентген-флуоресцентным методом (Pioneer S4, Bruker AXS, Германия) по методике силикатного анализа.

Почвы верхнего бьефа (абсолютные высоты 239–290 м) представлены буро-таежными и бурыми лесными легко- и среднесуглинистыми почвами на древнеаллювиальных отложениях или на делювии коренных пород.

Почвы нижнего бьефа (абсолютные высоты 103–150 м) представлены главным образом пахотными аллювиальными слоистыми почвами на аллювиальных отложениях и бурыми лесными почвами на аллювиально-делювиальных отложениях. Почвы нижнего бьефа более мощные, но сложены в основном песчаным и/или суглинистым материалом, поэтому содержат небольшое количество гумусовых веществ.

Согласно генерализованным данным содержание микроэлементов в почвах и ДО не превышают средних значений для почв и осадочных пород. Повышенным содержанием микроэлементов (более чем 1.5-кратные превышения) отличаются только маломощные органогенные горизонты А0 почв верхнего бьефа. Превышения отмечаются для двух групп микроэлементов: I – Cu, Zn, Co, Sr, и Sn (превышение в 2–4 раза) и II – Sc, Y, Yb и Nb (превышение более чем в 10 раз). Накопление микроэлементов I группы обусловлено высоким содержанием в горизонте гумуса, накопление микроэлементов II группы связано с их накоплением голосеменными растениями. Сравнительный анализ ДО бассейна р. Бурей (на участке выше подпора Бурейской ГЭС) и р. Амур (на участке от впадения р. Сунгари до Амурского лимана) указывает на сходство и однотипность их элементного состава. ДО Бурейского водохранилища еще только формируются. Этот процесс протекает на поверхности затопленных буро-таежных и бурых лесных почв. Дополнительным материалом для него служит смываемый с более высоко расположенных участков почвенный субстрат. Соответственно состав ДО водохранилища будет определяться составом почвообразующих пород и трансформационными процессами органогенных горизонтов затопленных почв.

Анализ содержания макроэлементов в исследуемых почвах свидетельствует о сходстве их валового состава при четкой дифференциации по генетическим горизонтам почв верхнего бьефа и небольшой ее выраженности для аллювиальных слоистых почв нижнего бьефа. Для почв верхнего и нижнего бьефа характерно накопление железа в верхних горизонтах профиля. Отмечается также закономерное накопление калия в пахотных горизонтах почв нижнего бьефа.

Таким образом, микро- и макроэлементный анализ свидетельствует об однотипности и унаследованности состава ДО и почв зоны влияния Бурейской ГЭС. В системе “почвы – донные отложения” повышенными концентрациями микроэлементов характеризуются только маломощные органогенные горизонты почв верхнего бьефа плотины Бурейской ГЭС.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ 3,4-БЕНЗ(А)ПИРЕНА ИЗ ПОЧВ МЕТОДОМ СУБКРИТИЧЕСКОЙ ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ**Сушкова С.Н., Гусакова М.Ю., Минкина Т.М.***Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,
sushkova-svetlana@rambler.ru*

3,4-Бенз(а)пирен относится к числу важнейших приоритетных загрязнителей окружающей среды, подлежащих обязательному контролю в воде, почве и воздухе. Количественное определение класса поллютантов, к которым относится бенз(а)пирен, в объектах окружающей среды как правило затруднителен за счет многокомпонентности образца, следовых количеств бенз(а)пирена и из-за его плотной связи с исследуемой матрицей. Извлечение 3,4-бенз(а)пирена из почв по традиционным методам связано с использованием большого количества органических растворителей (метилен, ацетон, смеси ацетона с гексаном), а именно, около 45–70 мл растворителя на каждую пробу. Цель работы – разработка метода экстракции 3,4-бенз(а)пирена из почв естественно загрязненных территорий при помощи субкритической воды. Объекты и методы. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный среднетощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках, расположенный в 1 км на северо-восток от Новочеркасской ГРЭС. Почвенные образцы анализировались на содержание 3,4-бенз(а)пирена. Метод экстракции субкритической водой (водой в предкритическом состоянии: температура ниже 374°C и давление ниже 218 атм) основан на прохождении через образец почвы воды при температуре 250°C и давлении 100 атм, с последующим извлечением бенз(а)пирена из водного экстракта гексаном. В этом случае используются особенности субкритической воды: возможности широко варьировать диэлектрическую проницаемость (ϵ) и другие физические свойства с ростом температуры воды при средних значениях давления. Так, ϵ жидкой воды уменьшается от 80 до 30 при повышении температуры от комнатной до 250°C и величина ϵ становится близкой к диэлектрической проницаемости метанола, этанола и ацетонитрила при нормальной температуре. При этом вода ведет себя как органический растворитель и становится превосходным инструментом для извлечения различных органических компонентов из твердых матриц и может быть с успехом использована в качестве растворителя при извлечении различных органических поллютантов из донных отложений и почвы. Результаты, полученные методом экстракции субкритической водой сравнились с данными по методу омыления. Метод омыления основан на по-

следовательной трёхкратной экстракции 3,4-бенз(а)пирена из почвенных образцов при помощи гексана. Общий объем растворителя, требуемый для экстракции 1 почвенного образца – 45 мл. Идентификация 3,4-бенз(а)пирена проводилась на жидкостном хроматографе Agilent 1200. Результаты. Содержание бенз(а)пирена с использования метода омыления составило 50,8 нг/г в слое 0–5 см и 29,8 нг/г в слое 5–20 см. Методом субкритической водной экстракции при температуре 250⁰С из почвы извлечено 60,2 нг/г в слое 0–5 см и 35,5 нг/г в слое 5–20 см, что на 12–20% больше, чем при помощи метода омыления. Сходные различия в экстрагируемости поллютанта данными методами получены на почвенных образцах, находящихся в различной степени удаленности от Новочеркасской ГРЭС. Оптимальными условиями извлечения 3,4-бенз(а)пирена из почв методом субкритической экстракции является температура воды 250⁰С, так как при понижении температуры воды до 230⁰С степень извлечения 3,4-бенз(а)пирена из почвы уменьшается на 38%. При температуре 260⁰–270⁰С степень извлечения составляет 50%, что в свою очередь может быть связано с частичным разложением 3,4-бенз(а)пирена. Таким образом, разработанная методика экстракции 3,4-бенз(а)пирена из почвы субкритической водой позволяет достигнуть большей степени извлечения, чем методом омыления. При этом метод экстракции почвы субкритической водой представляется более экономичным и менее токсичным за счет использования минимального количества органического растворителя (15 мл гексана на одну пробу).

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА В УРБОТЕХНОЗЕМАХ СФОРМИРОВАННЫХ НА ОСАДКАХ СТОЧНЫХ ВОД

Татаркин И.В.¹, Демин Д.В.¹

*¹Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушкино,
ivantatarkin2005@rambler.ru*

В настоящее время, практически, во всем мире наблюдается тенденция к росту урбанизации и городских ландшафтов. В зоне влияния городов происходит интенсивное преобразование педосферы. При этом образуются новые почвенные антропогенные образования-урбаноземы и урботехноземы. Одним из так искусственных образований являются осадки городских очистных сооружений, и почвоподобные тела на их основе. Экспериментальные материалы по развитию почвообразования на отва-

лах осадков сточных вод (ОСВ) для большинства регионов пока еще ограничены. Малоизучен характер трансформации органического вещества и гумусообразования в таких почвах.

В связи с этим нами был исследован урботехнозома, образовавшийся на очистных сооружениях г. Серпухова, в результате хранения ОСВ в режиме длительного атмосферного экспонирования. Из заложенных на глубину 100 см двух разрезов отбирались почвенные образцы с разной глубины, с целью определения характера содержания и распределения по профилю водорастворимого органического вещества и гуминовых кислот.

Результаты исследований показали, что в отвалах ОСВ под действием факторов окружающей среды со временем начинают протекать процессы разрушения, перераспределения и преобразования веществ, схожие с аналогичными процессами, происходящими в почвах, характерных для данной природно-климатической зоны. Было установлено, что в исследованных разрезах происходит дифференциация вещества по профилю и выделение отдельных горизонтов.

Анализ данных по содержанию и распределению водорастворимого органического вещества по горизонтам разреза показал, что происходит миграция по профилю и накопление его в слое 20–30 см. В целом распределение водорастворимого органического вещества в урботехнозомах, сформированных на ОСВ носит элювиально – иллювиальный характер.

Анализ содержания гуминовых кислот по профилю почв также показал профильную дифференциацию. Спектры поглощения в ультрафиолетовой и видимой областях выделенные из горизонтов урботехнозома, не имели четких максимумов, оптическая плотность монотонно убывала с увеличением длины волны.

Для характеристики полученных фракций использовали коэффициенты экстинкции ($E_{C_{465}}$) и цветности (E_4/E_6 – соотношение поглощения раствора при длинах волн 465 и 665 нм).

При анализе исследуемых образцов гуминовых кислот было обнаружено достоверное уменьшение значений $E_{C_{465}}$ от верхнего горизонта вниз по профилю. При этом коэффициенты экстинкции горизонта Ah и Bg1, были близкими по значению. Коэффициенты цветности E_4/E_6 в горизонтах Bg2 и C, были больше, чем в горизонте Ah и Bg1.

Анализ гуминовых кислот (ГК) выделенных из горизонтов показал увеличение содержания их в верхнем аккумулятивном горизонте, и убывание по профилю почвы при этом мощность гумусового слоя исследованных почв составила более 20 см.

Так при промывном водном режиме происходит вымывание подвижной фракции ГК в нижележащие горизонты, что подтверждается в наших исследованиях на молекулярном уровне. В верхней части профиля формируется аккумулятивный горизонт, который отличается от осадков сточных вод сформировавшимися низкомолекулярными фракция ГК.

УДК 631.416.9

СПЕЦИФИКА ФИКСАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Тимофеева Я.О.

*Учреждение Российской академии наук Биолого-почвенный институт
Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, timofeeva@biosoil.ru*

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос об устойчивости почв к избыточному поступлению одной из самых распространенных групп загрязняющих веществ – тяжелых металлов (далее ТМ). При возрастающем влиянии техногенных потоков, поступление ТМ в почву в концентрациях не характерных для природного уровня представляет собой обычное явление во многих регионах России и мира. Почва, благодаря своей многокомпонентности является природным накопителем ТМ, обладает способностью ограничивать их миграцию и резко снижать доступность металлов растениям.

Специфические условия почвообразования юга Дальнего Востока обуславливают активное формирование в почвах слабо изученного механизма сорбции ТМ – железо-марганцевых конкреций, интенсивно аккумулирующих химические элементы. Необходимыми факторами для развития конкреций является наличие: 1) системы различных соединений железа и марганца; 2) специфической почвенной микрофлоры; 3) контрастного чередования окислительно-восстановительных процессов. Совокупность указанных условий в почвах юга Дальнего Востока определяется сочетанием особенного гидрологического режима, богатого железосодержащего минерального субстрата и низкой водопроницаемостью мелкозерна плотных пород.

На территории Приморского края были исследованы 5 наиболее распространенных типов почв. Отбор опытных образцов проводился по почвенным генетическим горизонтам. Определение содержания ТМ (Zn, Ni, Co, Pb, Cr, Cu, Cd) выполнено на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 2100 DV («Perkin Elmer», США).

В железо-марганцевых конкрециях обнаружен весь набор рассматриваемых элементов. Конкреции по сравнению с вмещающей почвенной массой содержат в 5–30 раз больше Co, в 3–17 раз больше Ni, Cu, Pb, в 1,5–6 раз больше Cr и Cd. Исключение составляет Zn. В соответствии с распределением ТМ в почве характер их нахождения в железо-марганцевых конкрециях подчиняется закономерности хорошо выраженной обратной зависимости. Конкреции средней части профиля, отличаются наиболее высоким содержанием исследуемых элементов. Накопление ТМ в конкрециях разного размера различается. Аккумуляция Ni, Co, Pb, Cr, Cu и Cd усиливается в крупных фракциях конкреций. Незначительная аккумуляция Zn отмечается только в мелких конкрециях. Максимальный скачок уровня накопления тяжелых металлов отмечен между конкрециями размером 1–2 и 2–3 мм, второй пик увеличения обнаружен между фракциями 5–7 и >7 мм.

В железо-марганцевых конкрециях понижено содержание кислото- и водорастворимых соединений ТМ в их валовом объеме. Максимальное количество подвижных соединений от 40% (Ni, Cd, Cr, Pb, Co) до 85% (Cu) содержат конкреции мелких фракций. Увеличение размера конкреций сопровождается повышением содержания инертных, не доступных растениям форм тяжелых металлов.

Воздействие на почвенный покров техногенных потоков с различной насыщенностью ТМ. Для конкреций почв, используемых в сельском хозяйстве и испытывающих воздействие дорожно-транспортных выбросов, характерно увеличение интенсивности инактивации и поглощения ТМ. В конкрециях почв, расположенных в зоне влияния полиметаллического комбината, на фоне общего снижения интенсивности накопления ТМ увеличивается аккумуляция Ni, Zn Cd.

УДК 631.41; 63:502.17; 63:54

МИГРАЦИЯ ХЛОРИДОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Трофимов С.Н., Варламов В.А.

ЦОС ВНИИА, Домодедово, trofimov1942@gmail.com

Миграция вещества непосредственно связана и в значительной степени определяет природный процесс почвообразования и по сути является его составной частью. В природных условиях она сбалансирована относительно основных компонентов экосистемы, не оказывает и не может оказывать негативного влияния на окружающую среду. Нарушение природного равновесия вследствие обработки почвы, применения органиче-

ских и минеральных удобрений, пестицидов и химических мелиорантов в случаях игнорирования принципа оптимизации обуславливает повышенные риски их потерь при вымывании с грунтово-внутрипочвенным стоком и загрязнения основных водных компонентов агроландшафта, в частности грунтовых и поверхностных вод.

На агроэкологическом полигоне, заложенном в 1991 г. на Центральной опытной станции ВИУА (Московская обл.) в полевом севообороте на дерново-подзолистых полу- гидроморфных среднесуглинистых почвах, залегающих на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 2° изучали миграцию хлоридов с вертикальным и вертикально-склоновым внутрипочвенным стоком. В этих целях в разрезах на приводораздельной и нижней частях склона на глубине 0–0, 52–57 и 100–106 см были заложены экраны КСl (промышленное удобрение, 56% K₂O, 40% Cl). Расстояние по горизонтали между отдельными экранами – 115–260 см, размер – 400 x 400 x ≈25 мм, масса КСl – 4,0 кг/экран. Состояние поверхности почвы – укоренившиеся травы (клевер + тимофеевка), после уборки ячменя. До (3 декада августа) и после завершения эксперимента (2 декада апреля, спустя 32 месяца) было проведено бурение почвы до 140–150 см по центру, а на нижней части склона дополнительно ниже на 30–35 см от нижней границы экранов.

Результаты послойного через каждые 10 см определения хлоридов по Мору свидетельствовали о практически полном их вымывании из профиля почвы. Долевое участие атмосферных осадков (1687,2 мм/32 месяца) в общих потерях Cl-ионов вследствие вымывания с внутрипочвенным стоком не превышало 11,9%. Суммарное обнаружение остаточных количеств внесенных хлоридов было низким и в зависимости от глубины экрана на приводораздельной части варьировало в пределах 2,97–8,09%, на нижней – 1,10–1,83%. Относительно более высокие потери хлоридов на нижней части в сравнении с приводораздельной обуславливались различиями в гранулометрическом составе генетических горизонтов, в частности (В) – соответственно тяжелый и опесчаненный суглинок, оказывающем непосредственное влияние на инфильтрацию и влажность разрыва капиллярной связи. Логично предположить, что вымытые из почвы Cl-ионы с эквивалентным количеством катионов поступали в грунтовые воды (глубина залегания на водоразделе – 180–190 см) и затем в поверхностные воды.

Миграция очагов Cl-ионов в основном зависела от нисходящего тока воды, вертикального внутрипочвенного стока ($\Sigma_{3 \text{ года}} = 200,1 \text{ мм}$) наблюдавшегося преимущественно в процессе и после полного оттаивания почвы весной, при ее влажности выше наименьшей полевой влагоемкости (338,8 мм/0–100 см). Влияние восходящего тока воды при промерзании почвы с

ее цементацией на глубину 35–60 см и склонового внутрипочвенного стока было выражено в значительно меньшей степени. При поверхностном расположении экрана часть хлоридов могла быть потеряна с поверхностным стоком талых вод в периоды весеннего снеготаяния (132,3–176,8 мм/год, $K_{\text{стока}}=1$) как на нижней, так и проводораздельной частях склона.

Процессы передвижения Cl^- -ионов в профиле почвы функционально связаны с годовым циклом изменения ее водного режима и не могут быть проконтролированы. В этой связи осеннее применение водо-растворимых форм удобрений, за исключением стартовых доз и полного использования их питательных элементов растениями, в условиях промывного водного режима является нецелесообразным.

УДК 631.58:631.6.02

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

Черкасов Г.Н.

*ГНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, Курск,
vnezem@kursknet.ru*

Почва является важнейшим компонентом природных ресурсов биосферы Земли. Она относится к невозполнимым природным ресурсам. В настоящее время состояние земельных ресурсов вызывает большую тревогу. По данным государственного учета, общая площадь эродированных, дефлированных, эрозионно- и дефляционноопасных сельскохозяйственных угодий составляла 130 млн га, в т.ч. пашни – 84,8 млн га. Наблюдается смещение на юг границы кислых почв, снижение содержания гумуса и элементов питания в почвах сельскохозяйственных угодий практически всех регионов России.

Основное богатство России, ее знаменитый чернозём, «царь почв» по оценке Докучаева, из-за чрезмерной эксплуатации находятся на грани истощения. К современным проблемам, вызывающим деградацию черноземов, потерю земельных ресурсов, относится преобладание экстенсивного, нерационального земледелия (с низким уровнем внесения удобрений, особенно органических и т. п.), которое не позволяет стабилизировать экологическое состояние черноземов.

В этих условиях земледелие должно основываться на гармоничном сочетании интересов общества и законов развития природы. Рациональ-

ное землепользование, сохранение почвенного плодородия и окружающей среды в современных условиях невозможны без комплексного ландшафтно-экологического подхода к территориальной организации сельскохозяйственного производства, научно обоснованному использованию природных и антропогенно измененных земельных ресурсов.

Устойчивое воспроизводство почвенных ресурсов в технологическом цикле получения необходимого количества качественной продукции является одной из главных задач разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Системы земледелия должны разрабатываться на основе фундаментальных экологических законов и принципов, исключающих нарушение стационарных режимов функционирования природных систем, вовлекаемых в сельскохозяйственное пользование, и этим требованиям в настоящее время отвечают системы земледелия нового поколения – адаптивно-ландшафтные.

Упорядочение использования почвенных ресурсов подразумевает: 1. оценку земель в разрезе каждого рабочего участка по качеству почв, рельефа и микроклимата; 2. размещение сельскохозяйственных культур по тем рабочим участкам, природные условия которых для них наиболее пригодны (по требованию к уровню плодородия почв, тепло- и влагообеспеченности, по реакции на эродированность почв); 3. исключение из пашни и перевод на менее затратный режим использования деградированных земель и сильно истощенных почв, содержание которых в пашне нерентабельно; 4. размещение севооборотов с короткой ротацией (3–5-польных) допускать только на массивах с высокоплодородными почвами, поскольку в таких севооборотах почвы истощаются быстрее; 5. рассредоточение посевов многолетних бобовых трав по всей системе севооборотов в хозяйстве, а не концентрацию их, например, только в травопольных севооборотах, т.к. в севооборотах с чистыми парами, пропашными и зерновыми культурами они выполняют функцию восстановления плодородия почв.

Одним из основных условий экологизации и адаптивности систем земледелия является ограничение на деградацию почвенного плодородия, обусловленную некомпенсируемым выносом питательных элементов из почвы, а также потерями почвы, связанными с распашкой почвенного покрова и воздействиями сельскохозяйственной техники. Прежде всего, системы земледелия должны быть направлены на ограничение потерь почвы под действием эрозионных процессов, так как потери почвы с эрозией представляют собой наиболее опасную форму деградации, являясь необратимыми. Не менее важным является под-

держание баланса между выносом питательных элементов с урожаями и их возвратом в почву. Нарушение этого баланса приводит к снижению содержания гумуса, макро- и микроэлементов, подкислению почвы. Внесение достаточного количества органического вещества в почву для поддержания его воспроизводства является неперенным условием сохранения почвы как ресурса.

Таким образом, освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия – путь сохранения почвы, повышения продуктивности и устойчивости земледелия и решение продовольственной безопасности страны.

УДК 631.416.3: 631.416.8

ИОНООБМЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ С ПОЛИВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ

Шоба В.Н.

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства Россельхозакадемии, Новосибирск, agronvc@mail.ru

Проблема изучения ионообменных свойств гумусовых кислот возникает не случайно и связана с более общей задачей почвоведения – необходимостью определения и физико-химического анализа фазово-компонентного состава гумусо-глинистой плазмы почв. В системе компонентов этой наиболее реакционноспособной части почв гумусовые кислоты занимают особое положение благодаря их способности к катионному обмену и возможности выделения в достаточном объеме для экспериментального изучения. В первом приближении для характеристики ионообменных свойств гумуса различных почв достаточно изучить две основные группы кислот: черные гуминовые со связанными с ними фульвокислотами и бурые гуминовые со связанными с ними фульвокислотами.

Экспериментальное изучение и расчет ионообменного взаимодействия катионов с гумусовыми кислотами – задача сложная и попытки ее решения достаточно долго даже не предпринимались из-за отсутствия метода расчета равновесий в сложных минеральных системах. Только после разработки профессором И.К.Карповым способа расчетов равновесий в гетерогенных поликомпонентных системах наметился определенный прогресс в этой области. Другой проблемой расчетов ионообменных реакций является отсутствие теории ионного обмена катионов с ионообменными веществами, в том числе и с гумусовыми

кислотами. Как показывают примеры изучения ионообменных смол расчет равновесий даже для трех или четырех катионов уже представляет довольно сложную задачу. Для гумусовых кислот, в обменном комплексе которых присутствует до десяти катионов, сложность расчета ионообменных равновесий возрастает многократно. В основу метода расчета многоионных равновесий нами положены бионные взаимодействия и их эмпирические обобщения и экстраполяция с помощью приемлемых уравнений на многоионные системы. Анализ и расчет многоионных равновесий гумуса с поливалентными катионами проводился с использованием понятий о химических потенциалах элементов в реакциях.

В результате получены экспериментальные данные взаимодействия двух основных групп гумуса почв с катионами в бионном, трехионном и многоионном обмене. На их основе рассчитаны равновесный состав гумуса и химические потенциалы его миналов. Установлено, что в бионном и трехионном обмене зависимость химического потенциала каждого из миналов гумуса от состава имеет логарифмический характер и значение химического потенциала определяется мольной долей не только данного, но и других миналов в системе. Результатом исследований стало определение коэффициентов активности миналов гумуса, что является необходимым и достаточным условием для расчета многоионных равновесий. Примеры экспериментального изучения равновесий и расчетов с использованием коэффициентов активности миналов гумуса показывают удовлетворительную сходимость опытных и расчетных данных в широком диапазоне состава гумуса и растворов.

Исследования ионообменных свойств гумусовых кислот имеют не только теоретическое значение. Они позволяют в почвах рассчитывать состав и прогнозировать изменение гумуса как стехиометрической ячейки с конкретным количеством обменных катионов. Но это может быть сделано только в системе компонентов гумусо-глинистой плазмы почв, а в ней неизвестными остаются кристаллохимический состав и термодинамические характеристики вторичных глинистых минералов. Перспективы же устранения данного пробела пока не просматриваются из-за недостаточного внимания в почвоведении к проблеме количественного изучения вторичных глинистых минералов.

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТМ В ПОЧВАХ
СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ****Щеглов Д.И., Горбунова Н.С., Семенова Л.А., Хатунцева О.А.***Воронеж государственный университет, Воронеж, vilian@list.ru*

Вопрос изучения влияния различной степени гидроморфизма на характер накопления и внутривершинное распределение тяжелых металлов (ТМ) является актуальным. Поскольку гидрологический режим определяет изменение кислотности почв, характер окислительно-восстановительных процессов и как следствие оказывает определяющее влияние на подвижность ТМ. Кроме того, характер увлажнения влияет на подвижность ТМ, определяет и доступность их растениям. Объектами исследования были почвы Каменной степи. Влияние степени гидроморфизма на накопление и поведение различных форм ТМ – Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd проводилось в генетически сопряженном ряду, представленном черноземами сегрегационными, гидрометаморфизованными и гумусово-гидрометаморфическими почвами. Почвообразующие породы – покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины. В почвенных образцах определялись основные физические, химические и физико-химические показатели почв по общепринятым методикам. Валовое содержание ТМ – методом спекания почвы с Na_2CO_3 . Кислоторастворимые соединения ТМ – в вытяжке 1 н. HNO_3 ; обменные соединения – в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера pH 4,8. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ2А. Изучаемые почвы характеризуются тяжелым гранулометрическим составом. По содержанию валового гумуса – среднегумусные (6,6%). Количество обменного Ca^{2+} в исследуемых почвах варьирует от 42,0 до 47,0, обменного Mg^{2+} от 6,0 до 8,0 ммоль-экв/100 г почвы. Гидролитическая кислотность отмечается в 0–30 см толще (1,0 ммоль-экв/100 г почвы). Реакция среды меняется по профилю от 7,2 до 8,4. В сопряженном ряду почв (черноземы сегрегационные < гидрометаморфизованные < гумусово-гидрометаморфические почвы) наблюдается однонаправленное увеличение содержания валовых форм соединений ТМ: Mn (520 < 522 < 846 мг/кг), Zn (109 < 124 < 140 мг/кг), Pb (18,2 < 21,7 < 23,9 мг/кг), Cu (26,3 < 31,1 < 40,5 мг/кг), Cr (57,3 < 66,7 < 68,7 мг/кг), Ni (28,8 < 34,5 < 36,4 мг/кг), Cd (0,41 < 0,46 < 0,47 мг/кг) и их кислоторастворимых соединений. Это явление связано с соответствующим изменением гидрологического режима, гранулометрического состава и специфики окислительно-восстановительных условий почв. Обменные формы металлов концентрируются преимущественно в

нижней части почвенного профиля, что возможно связано с особенностями их миграции и карбонатно-кальциевым режимом изучаемых почв. Так максимальное их количество отмечается на глубине 140–150 см в гумусово-гидрометаморфических почвах и составляет Mn – 40,8, Zn – 7,55, Pb – 1,48, Cu – 2,35, Cr – 1,41, Ni – 2,03, Cd – 0,06 мг/кг. Полученные данные свидетельствуют, что валовые и кислоторастворимые формы соединений ТМ в профиле изучаемых почв распределяются по аккумулятивному, обменные – по элювиальному типу распределения. При этом в зависимости от степени гидроморфизма профильное распределение валовых и кислоторастворимых соединений характеризуется различными подтипами: равномерно-аккумулятивным, регрессивно-аккумулятивным, прогрессивно-аккумулятивным. Обменные соединения ТМ, в зависимости от степени гидроморфизма распределяются в профиле по следующим подтипам: прогрессивно-элювиальному, регрессивно-элювиальному и равномерно-элювиальному. Среди изучаемых ТМ наименее подвижными являются обменные и кислоторастворимые соединения Cr Pb и Zn. Так степень подвижности кислоторастворимых соединений Cr не превышает 3,97%, обменных – 1,6%; для Pb (10,6%, 3,5%) и Zn (16%, 2,5%) соответственно. Наибольшая степень подвижности среди обменных соединений ТМ характерна для Cd (60%), что относит элемент к очень доступным растениям и способным мигрировать в сопредельные среды. Содержание валовых форм ТМ во всех изученных почвах не превышает ПДК, установленных для черноземных почв.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант №10-04-00014а

УДК631.4

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И КАЧЕСТВА ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА В ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

Юлдашев Г., Исагалиев М., Турдалиев А.

Ферганский государственный университет, Фергана, turodjon1980@mail.ru

Практика сельского хозяйства ставит задачи изучения миграции и концентрации химических элементов, катионов и анионов в аридных орошаемых засоленных ландшафтах Узбекистана в особенности в условиях пустынной зоны.

Для выяснения закономерностей поведения катионов и анионов, концентрации почвенных растворов в природной среде на территории

Центральной Ферганы нами заложены четыре опорных почвенных разреза, 16 полюям и согласно методики почвенно-геохимических исследований проведены лабораторные, полевые исследования почв, растений, грунтовых вод.

На территории Центральной Ферганы в основном имеют распространение орошаемые луговые сазовые карбонатно-гипсированные почвы различной степени окультуренности.

В целях изучения условия миграции катионов и анионов почвенного раствора, где детальные геохимические и химические исследования во многих случаях позволяют выделить в орошаемой зоне горизонты выноса и сопряженные с ними участки, где эти ионы аккумулируются.

Почвенные растворы выделялись методом центрофуги на приборе ЛЦ-30, при обороте 5 тыс./мин. в течение 15 мин., почвы в состоянии наименьшей влагоемкости. Стаканчики плексигласовые объемом 100 мл. Состав и концентрация почвенных растворов меняются в широких пределах.

В наших исследованиях в зависимости от давности освоения и орошения, глубина залегания арзык-шохового горизонта концентрация почвенного раствора колеблется в интервале 4,1–8,5 г/л, при этом минимальные показатели концентрации соответствовали глубинам 18–44 см (разрез 8-А), 32–55 см (разрез 6-А), 93–111 см (разрез 7-А). Указанные горизонты относятся к цементированному, арзык-шоховым.

Следует особо подчеркнуть, что эти почвы относятся к группе засоленных, хлоридно-сульфатных промытых.

При математической обработке на электронно-вычислительных машинах полученных результатов обнаруживается, что коэффициент вариации концентрации почвенного раствора на глубине 93–111 см (разрез 7-А) составляет 5,61%, а в других арзык-шоховых горизонтах 18–44 см (разрез 8-А), 32–55 см (разрез 6-А) колеблется в пределах 5,45–6,62%. То есть, с постепенным выходом арзык-шоховых горизонтов на поверхность уменьшается концентрация почвенного раствора, растёт коэффициент вариации.

Как во многих почвах аридной зоны в изученных нами почвах основными компонентами почвенного раствора служат катионы: кальций, магний, калий, натрий; анионы: карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды.

При пересчете на гипотетические соли в исследованных нами почвах в зависимости от глубины нахождения образцов почв и арзык-шоховых цементированных слабопроницаемых или почти непроницаемых горизонтов оказалась: сода, гидрокарбонаты кальция, сульфаты кальция, магния и натрия, хлористый натрий.

При этом сумма токсичных солей оказалась в пределах 1,7–5,7 г/л, не токсичных 2,1–4,5 г/л. Сумма всех солей составляла 4,1–10,1 г/л.

Кроме того, известно, что измеренные в почвенных растворах активность компонентов и отдельных катионов служат весьма информативными характеристиками почв в термодинамических расчётах. Эти данные нами были использованы для химической характеристики почвенного профиля и диагностики.

В частности измеренные активности катиона натрия нами использованы с учетом градации Н.Г.Зырина и Д.С.Орлова при определении степени солонцеватости почв, которые оказались не солонцеватыми и солонцеватые в слабой степени.

Секция С

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Председатель: д.б.н. С.Н.Чуков

УДК 631.67:[631.417.2+631.445.4] (571.13)

**СОВРЕМЕННОЕ ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ
ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**

Аксенова Ю.В.

ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. Столыпина, Омск, screpka@front.ru

В почвенном покрове Омского Прииртышья основной пахотный фонд земель составляют лугово-черноземные почвы и черноземы, среди которых залегают пятна солонцов, часто корковых и мелких, солоди. Кроме того, нерациональное ведение богарного и орошаемого земледелия, обработка почв тяжелой техникой, нарушение режимов орошения, несовершенство поливной техники, невнесение органических и минеральных удобрений сопровождается развитием антропогенной деградации почв, которая приводит к образованию корки, разрушению структуры, уплотнению почв, их подтоплению, засолению, снижению гумуса и ухудшению его качественного состава.

Начатое в 60–70 годы XX века крупномасштабное орошение почв Западной Сибири в первые годы способствовало повышению урожая сельскохозяйственных культур. Но, начиная с 80 годов, стали фиксироваться негативные последствия орошаемого земледелия, примером которого может служить бывший совхоз Новоомский Омского района. В 1968 году основу почвенного покрова хозяйства составляли почвы черноземного ряда. После 20 лет орошения (с 1968 года) повсеместно произошел подъем уровня минерализованных (3,5–6,6 г/л) грунтовых вод и почвы эволюционировали в лугово-черноземные солончаковые и солончаковатые и, локально, в солончаки луговые. Помимо повышения уровня грунтовых вод и засоления почв, в условиях экстенсивной системы земледелия, длительного и избыточного орошения, преобладания в структуре посевных площадей овощных севооборотов, произошло снижение гумуса. По данным Ленгипроводхоза в 1970 году содержание гумуса в лугово-черноземных почвах хозяйства в слое 0–20 см варьировало в пределах 7,3–7,76%. В настоящее время его коли-

чество снизилось до 6,56% в слое 0–20 см почвы, используемой в севооборотах с многолетними травами, а в почве, занятой овощным севооборотом – до 5,63%. Тип гумуса оценивается как фульватно-гуматный (по Орлову, Гришиной), так как в качественном составе гумуса этих почв на долю гуминовых кислот приходится 33–30,9%.

Иная агроэкологическая ситуация складывается на лугово-черноземной почве опытных полей Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства, используемой в кормовых севооборотах в условиях экстенсивной системы земледелия и применения минеральных удобрений. Орошение полей, начатое в 1977 году, продолжается по настоящее время. В результате длительного (более 30 лет) орошения наблюдается тенденция к подъему уровня грунтовых вод, но засоление профиля почвы, используемой в севообороте с многолетними травами, не диагностируется. Изначально на будущем орошаемом массиве содержание гумуса в слое 0–20 см, в среднем, составляло 8,27%, на долю гуминовых кислот в его составе приходилось около 47%. В настоящее время, в зависимости от процентного содержания в севообороте многолетних трав, количество гумуса в почве варьирует в широком интервале. Так, в слое 0–20 см лугово-черноземной почвы, используемой в экстенсивной системе орошаемого земледелия, его содержание составляет 7,07–7,45%. На минеральном фоне, где систематически вносят азотно-фосфорные и калийные удобрения в сочетании с орошением, процент гумуса возрастает до 7,83–8,14%. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, на долю которых приходится от 54,1 до 62,9% в слое 0–20 см почвы, на фоне внесения минеральных удобрений, и от 54,9 до 56,8% на неудобренном фоне. Тип гумуса классифицируется как гуматный.

Научно обоснованный подход к таким приемам земледелия как орошение, выбор системы земледелия, применение удобрений, с учетом природно-климатических условий зоны и свойств почвы, сопровождается не только повышением урожая возделываемых культур, но и тормозит развитие деграционных процессов и способствует частичному воспроизводству плодородия пахотных почв.

УДК 631.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КСЕНОБИОТИКОВ НА ПОЧВУ
МЕТОДОМ ПАРАМАГНИТНЫХ МЕТОК****Александрова О.Н.^{1,2}, Стукалов С.П.¹**¹УрФУ, Екатеринбург, *olga_aleks@inbox.ru*;²USF, Университет Оснабрюк, Оснабрюк, Германия

В результате человеческой деятельности в почву попадают различные загрязняющие вещества, среди которых особо необходимо выделить ксенобиотики. Многие из них связываются гуминовыми веществами (ГВ) почвы с образованием прочных, устойчивых соединений, что, с одной стороны, способствует иммобилизации ксенобиотиков и, соответственно, ограничивает их дальнейший транспорт в природные среды, а, с другой стороны, вносит существенные негативные изменения в локальный процесс биогеохимического цикла азота и почвенной микрофлоры. Понимание молекулярного механизма взаимодействия ГВ почвы с ксенобиотиками тесно связано с проблемой изучения природы, прежде всего, протекторной функции и физиологической активности ГВ, а также возможности поддержания этих функций в условиях постоянного стрессового воздействия.

Исследование абиотического процесса связывания ксенобиотиков методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) с применением водных растворов спиновых меток Темро (0.3 mMol), имитирующих ксенобиотики с разными функциональными группами, показало значительную роль радикалов ГВ почвы. Концентрация стабильных органических радикалов для исследуемых почв варьировалась от 2.95E16 Спин/г до 8.31E16 Спин/г, что не превышало 0.3% от их максимально возможной концентрации. Влияние спиновой метки 4-Amino Темро проявилось в восьмикратном усилении концентрации почвенных органических радикалов ароматических структур ГВ с g фактором ~ 2.003. Динамика процесса формирования спектральной линии была различной для почв с различным гранулометрическим составом (luvisol и cambisol), различным содержанием железа (20-кратное различие), но практически с одинаковым содержанием ГВ (~2%). При взаимодействии с почвой, обе боковые спектральные линии спиновой метки 4-Нудроху Темро претерпевали расщепление уже в первый день инкубации, в то время как спектр спиновой метки 4-ОХО Темро характеризовался только значительным увеличением амплитуды спектральных линий без их расщепления. Предварительное введение в почву сульфаниламидного препарата (СП) способствовало пятикрат-

ному увеличению амплитуды спектральных линий спиновой метки Тетро, введенной через час после смешивания почвы с СП, и последующему значительному замедлению процессов ее релаксации. Данные эффекты не наблюдались при введении Тетро в почву без СП.

Полученные экспериментальные данные указывают на отсутствие явного химического взаимодействия (т.н. согласованных реакций) почвы с такими функциональными группам, как амино- группа и гидроксилы Тетро, и значительную роль плазмо-химических процессов, которые в рассматриваемом случае реализуются в смещении термодинамического равновесия в системе семихинонов, хинонов и радикалов хиноидных структур под воздействием амино- и гидроксо-групп как ГВ почвы, так и спиновых меток. Наблюдаемый в эксперименте пик органических радикалов ароматических структур ГВ почвы может быть связан с переносом заряда на хиноидную структуру ГВ и формированием комплексов из ион-радикальных пар под влиянием такого сильного заместителя, как амино-группа спиновой метки 4-Amino Тетро. Расщепление спектральных линий спиновой метки 4-Hydroxy Тетро указывает на изменение полярности среды вокруг молекул Тетро, что может быть вызвано усилением группы хинонов ГВ почвы и проявлением их свойств как непределельных кетонов, склонных к циклообразованию.

УДК 631.417.2

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Анилова Л.В.

*ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный университет, Оренбург,
anilova.osu@mail.ru*

Разнообразие условий почвообразования на Южном Урале явилось причиной формирования очень сложного почвенного покрова. Территория Оренбургской области характеризуется последовательной сменой зональных типов и подтипов почв. Следствием смены экологических условий гумусообразования и гумуса в ряду географической зональности целинных почв и при переводе в пашню происходит изменение показателей их гумусного состояния.

В нашей работе были исследованы условия гумусообразования и гумусное состояние целинных и пахотных участков зональных типов и подтипов почв территории Оренбургского Предуралья и Зауралья.

Содержание гумуса на целинном участке черноземов обыкновенных Оренбургского Предуралья характеризуется как высокое (6,2%), а его потери почвами пашни составили 24,2%. На аналогичных участках территории Оренбургского Зауралья содержание гумуса в слое 0–20 см характеризовалось как среднее (5,9%), а потери его при пахотном использовании составили 28,9%. Снижение устойчивости черноземов обыкновенных Оренбургского Зауралья к пахотному использованию связано с нарастанием аридизации климата при продвижении на восток области и снижением биомассы поступающих в почву растительных остатков.

Значение показателя содержания гумуса на целинном участке чернозема южного в Предуралье характеризуется как среднее (4,0%), и как низкое (2,9%) – на пахотном. В Зауралье эти показатели составляют 4,6% (среднее) и 3,8% (низкое) на целинном и пахотном участках, соответственно. Большие потери гумуса почвами пашни Оренбургского Предуралья в почвах агроценозов объясняется более продолжительным периодом их пахотного использования, по сравнению с территорией Зауралья и облегчением гранулометрического состава почв и подстилающих пород.

Рассмотрение агрогенной динамики показателей фракционно-группового состава почв пашни степных подтипов чернозема показало сходную их трансформацию, которая выразилась в снижении содержания второй фракции гуминовых кислот (ГК) на фоне увеличения подвижных фракций ФК-I и ГК-I. Все изученные участки черноземов обыкновенных и южных характеризуются гуматным типом гумуса, но в почвах пашни происходит уменьшение глубины гумификации (Сгк/Сфк).

Темно-каштановые почвы характеризуются средним содержанием гумуса только на целинном участке в Предуралье (4,4%), а на пахотном и обоих участках в Зауралье низким содержанием гумуса (3,8%, 3,7% и 3,4 соответственно). Гуматный тип гумуса также был характерен только для целинного участка Предуралья, все остальные участки исследования характеризовались фульватно-гуматным типом гумуса. Содержание первой и третьей фракций гуминовых кислот при пахотном использовании темно-каштановых почв уменьшается на фоне увеличения второй фракции ГК. В гумусе пахотных почв наблюдается увеличение доли ФК-I и уменьшение содержания фракций ФК-II и ФК-III. В целом доля суммы фракций гуминовых и фульвокислот увеличивается за счет уменьшения содержания негидролизуемого остатка. Что связано с максимальным проявлением ксеротермического климата, снижением биомассы растений и проявлением специфических – солонцеватых почвообразующих пород на территории Зауралья.

Таким образом, условия почвообразования и, как следствие, гумусообразования только в общем виде подчиняются закону широтной зональности, который нарушается наличием почвообразующих пород различного генезиса и состава, орографическими условиями территории (наличием Уральских гор) и, как следствие, нарастанием континентальности климата и проявлением биологического фактора.

УДК 631.4

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ПОЧВ РАСТВОРАМИ ПИРОФОСФАТА НАТРИЯ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH

Бакина Л.Г.¹, Дричко В.Ф.², Орлова Н.Е.³

¹НИЦЭБ РАН, Санкт-Петербург, bakinalg@mail.ru;

²ГНУ АФИ Россельхозакадемии, Санкт-Петербург;

³СПбГУ, Санкт-Петербург.

Изучение органического вещества почв теснейшим образом связано с различными методами фракционирования гумусовых веществ (ГВ), а интерпретация полученных результатов определяется принципом, положенным в основу их разделения. Необходимо, чтобы каждый метод, применяемый для фракционирования, извлечения, разделения гумусовых веществ, имел ясный физико-химический смысл (Шинкарев и др., 2006). Однако, с нашей точки зрения, подобной ясности, определенности не существует в настоящее время при использовании пирофосфата натрия – реагента, который используется в зависимости от величины pH раствора либо для извлечения лабильных ГВ, либо для выделения максимально возможного количества ГВ.

Изучены закономерности извлечения гумусовых кислот из почв децимолярными растворами пирофосфата натрия при разных значениях pH – от 5 до 13 при градиенте в 1 единицу pH. Эксперименты проводили для методических образцах разных типов почв (от дерново-подзолистой до чернозема южного) с высаливанием коллоидов и без него. Гуминовые кислоты осаждали 1,0 н. серной кислотой, в вытяжках определяли: Собщ, Стк и Сфк (по разности). О глубине гумификации гумусовых кислот судили по величине индекса оптической плотности $E_c^{m/m}$ (Плотникова, Пономарева, 1967), которую измеряли при длине волны $\lambda=440$ нм и толщине кюветы 1 см.

Анализ результатов, полученных при извлечении ГК из разных типов почв в диапазоне pH от 5 до 13, позволил сделать следующие выводы. Процесс извлечения гумусовых кислот из почв происходит одинаково вне зависимости от

их (почв) типовой принадлежности, содержания и состава гумуса. Применение операции высаливания минеральных коллоидов не влияет на закономерности данного процесса. При увеличении рН раствора пирофосфата натрия от 5 до 13 извлечение гумусовых кислот происходит в две стадии, каждая из которых может быть описана логистической функцией. Стадия I, в которой ГК извлекаются за счет диссоциации главным образом карбоксильных групп, происходит от рН 5 до рН 11; стадия II, при которой извлекаются ГК за счет диссоциации фенольных гидроксидов – от рН 10 до 13. Таким образом, существует интервал рН от 10 до 11, который принадлежит обеим стадиям.

Установлено, что параметры уравнений логистических зависимостей, аппроксимирующих процесс извлечения ГК из почв при разных значениях рН раствора, можно условно разделить на две группы: зависящие от содержания и состава гумуса в почвах, и не зависящие от этих показателей. К первой группе относятся параметры, характеризующие абсолютные величины содержания углерода и индекса $E_c^{мг/мл}$, во вторую группу входят параметры, характеризующие величины рН на разных стадиях процесса. Абсолютные величины содержания углерода и индекса $E_c^{мг/мл}$ в зависимости от типа почвы, содержания и состава гумуса различались весьма существенно (в 2–3 раза). Параметры, характеризующие величины рН₀ на разных стадиях процесса извлечения, составляли для всех изученных в экспериментах почв на I стадии $7,6 \pm 0,3$, на II стадии $12,1 \pm 0,5$. Изменение оптической плотности растворов ГК описывается в первом приближении функцией Гаусса. Для каждой почвы наиболее оптически плотные ГК, характеризующиеся максимальными величинами индекса $E_c^{мг/мл}$, извлекаются растворами пирофосфата натрия при рН $10,0 \pm 0,6$. На основании этого пирофосфатно-натриевую вытяжку при рН 10 целесообразно использовать для характеристики максимально возможной глубины гумификации органического вещества в почвах.

УДК 631.611.43

РОЛЬ ЛАБИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССАХ ДЕНИТРИФИКАЦИИ И ИММОБИЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА

Банкин М.П., Банкина Т.А., Земесзиркс Н.Э.

СПбГУ, Санкт-Петербург, bankinaagro@rambler.ru

Образование лабильных соединений углерода в почвах – это совокупность сложных превращений различных веществ в системе почва-растение-микроорганизмы. Лабильные органические вещества (ЛОВ) почвы на-

ходятся в сфере биологического круговорота, образуются из пожнивных остатков детрита и гумуса. Основные эколого-биологические свойства почвы могут быть охарактеризованы, как минимум, тремя показателями: содержанием ЛОВ, интенсивностью их минерализации и отношением C:N, характеризующим соотношение минерализационно-иммобилизационных процессов. В условиях семипольного севооборота изучали влияние культур и доз минеральных удобрений на содержание ЛОВ, интенсивность денитрификации и иммобилизацию минеральных форм азота. Установлено, что вносимые минеральные удобрения снижали количество ЛОВ от 5,8% до 12,6%. Сопряженность между вносимыми в почву минеральными азотными удобрениями и ЛОВ проявилась в том, что остаточные количества минерального азота в конце вегетации растений компенсируются ЛОВ и переводятся микробной биотой в органическую форму. Возделываемые культуры прижизненными корневыми выделениями и величиной опада существенно влияли на содержание ЛОВ. Наибольшее содержание ЛОВ отмечено в вариантах с многолетними травами, наименьшее – под ячменем и картофелем. Установлено, что содержание самой лабильной фракции ЛОВ (CH₂O) составляет всего 1–2% от общего углерода, а углерод нейтральной пиродифосфатной вытяжки – 10–12%. Интенсивные варианты опыта (N₉₀–180 кг/га) уменьшали содержание ЛОВ, в основном, в процессе денитрификации. Многолетние травы повышали содержание ЛОВ на 9–12%, все другие культуры снизили количество ЛОВ на 6–11%. Установлено, что миграция ЛОВ по почвенному профилю осуществляется до глубины 60–70 см. В отдельных горизонтах почвенного профиля содержание CH₂O составляет 1–1,5%, а углерод пиродифосфатной вытяжки – 10–12%. Исключение составляет иллювиальный горизонт, где CH₂O колебалось в пределах 2,3–6,5%. Показано, что озимая рожь снижала содержание ЛОВ незначительно по сравнению с другими культурами. Таким образом, многолетние травы и озимая рожь способствуют увеличению гумусированности почвы, пропашные и зерновые – уменьшению. Установлено, что при внесении под культуры 90 кг/га азота, остается невостребованным 60 кг/га, из которых 20 кг/га денитрифицируются. На осуществление этого микробиологического процесса необходимо затратить 400 кг/га углерода ЛОВ, так как известно что на единицу денитрифицируемого микрофлорой минерального азота требуются двадцать единиц углерода. Таким образом, растительных остатков с содержанием 40% углерода потребуется 10 ц/га, что эквивалентно 5 т/га навоза в год. Следовательно, несбалансированное по углероду внесение азотных удобрений приводит к снижению плодородия почвы. Интенсивность процесса денитрификации, затратного по углероду, возростала с

увеличением доз минерального азота, а содержание ЛОВ, напротив, уменьшалось. Наибольшие потери азота в результате денитрификации происходили под пропашными и зерновыми культурами, наименьшие – под многолетними травами и озимой рожью. Направленность развития процессов минерализации-иммобилизации оценивалась по эмиссионному отношению C-CO₂/N-N₂O(ЭМСН). Показано, что при ЭМСН меньше 30 в почве происходит накопление минерального азота и снижение ЛОВ. Если ЭМСН больше 30 происходит иммобилизация минерального азота и увеличение содержания ЛОВ. Установлено, что многолетние травы усиливают иммобилизационные процессы, удерживая ЭМСН в конце вегетации растений на уровне 24–28.

УДК 631.41

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СЕКВЕСТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Бойцова Л.В., Зинчук Е.Г., Пухальский Я.В.

*ГНУ Агрофизический НИИ Россельхозакадемии, С-Петербург,
larisa30.05@mail.ru*

Секвестрация (секвестрирование) углерода представляет собой связывание атмосферного углерода и долговременное его хранение в резервуаре органического вещества почвы. В настоящее время наиболее употребляемые оценки почвенной секвестрации углерода – это определение общего содержания органического углерода, распределение органического вещества по фракциям связанным с минеральными компонентами почвы и несвязанными с ними. Целью исследования было изучение динамики секвестрации органического вещества почвы с различной степенью окультуренности.

Объект исследования – участки агрофизического стационара Меньковской опытной станции Гатчинского района, Лен. Обл. Почва – дерново-подзолистая супесчаная. Участки характеризуются различной степенью окультуренности: слабый (участок 1) – органические удобрения не вносились и хорошей (участок 2) – внесено за три года 520 т/га навоза (2003–2005г). Каждый из участков в 2006 году разбит на три варианта: вариант – без минеральных удобрений (контроль (К)), вариант – N50K70, вариант – N70K90. Севооборот овощной, в 2011 году выращивались многолетние травы 2 – го года пользования: клевер луговой с тимофеевкой луговой.

Раз в месяц (май–август) производился отбор образцов из слоя 0–10 см. Определены следующие параметры: общий углерод (Собщ) по методу Тюрина, водорастворимый углерод (Свод) по методу Э. Шульца, М. Кершенса, углерод легкой фракции (Слф) и углерод илистой фракции почвы (Сил) по методам Ц. Камбарделла, Е. Эллиотт.

Результаты: Средние значения $C_{\text{общ}}$ за весь период наблюдений, были достоверно ($p < 0,008$) меньше на участке 1, чем на 2. Максимальные значения Слф обнаружены на участке 1 в августе, на участке 2 в июле. Это соответствует периоду интенсивного развития растений, максимальному поступлению в почву корневых выделений, активной их переработке микроорганизмами. На участке 1 в вариантах К и N50 содержание Свод меняется незначительно и остается на уровне 0,6–0,7 г/кг почвы, в варианте N70 обнаружено увеличение в 2 раза, по сравнению с началом наблюдений. На участке 2, к окончанию периода наблюдений обнаружено уменьшение содержания Свод во всех вариантах. Изначально более высокое содержание Свод на участке 2 объясняется повышенным содержанием органического вещества на этом участке образованного за счет, внесенного перед закладкой опыта органического удобрения.

Инертный гумус является органическим скелетом почвы. В илистой фракции происходит его закрепление. На обследованных участках практически во всех вариантах обнаружено

накопление углерода илистой фракции, происходит образование собственно гумуса, что свидетельствует о хорошем уровне агротехники в данных вариантах. На участке 1 во всех вариантах наблюдается увеличение содержания Сил от 25 до 55%. В начале вегетационного периода обнаружено минимальное содержание углерода в илистой фракции в вариантах с внесением минеральных удобрений на всех участках. Это можно связать с деятельностью микроорганизмов, которые имеют избыток доступного азота, но испытывают недостаток углерода и пополняют его за счет углерода илистой фракции.

На участке 2 в вариантах N50 и N70 установлено увеличение содержания Сил за период наблюдений на 15–30% по сравнению с исходными величинами. Убытие содержания углерода илистой фракции на 15% отмечено лишь в контроле участка 2.

Обнаружена высокая корреляционная связь между всеми изученными параметрами. Коэффициент корреляции составляет 0,88–0,96.

УДК 631.417(571.5)

ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ТАЕЖНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Вишнякова О.В., Чимитдоржиева Г.Д., Балданова А.Н.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
ok_vish@mail.ru.*

В почве гуминовые и фульвокислоты составляют единое целое. В процессе выделения препаратов происходит гидролиз ГК с отщеплением легкогидролизуемых компонентов, таких как фульвокислоты, поэтому состав полученных соединений взаимосвязан. Исследованы элементный состав и строение гумусовых веществ дерново-таежных мерзлотных почв (дерново-подбуров) Еравнинской котловины, расположенной на юге Витимского плоскогорья в переходной зоне от сплошного распространения вечной мерзлоты к островному. Препараты гуминовых кислот были выделены по методике Д.С. Орлова, фульвокислоты – из кислого фильтрата после осаждения ГК методом У. Форсита. В полученных препаратах был исследован элементный состав на элементном анализаторе CHNS/O Perkin Elmer 2100 Series II. Общее содержание кислых функциональных групп определяли методом А.Ф. Драгуновой, карбоксильных групп – по Т.А. Кухаренко. Содержание фенольных гидроксиллов рассчитывали по разности. Электронные спектры поглощения были получены на спектрофотометре «Agilent 8453». Анализ данных элементного состава ГК дерново-таежных мерзлотных почв показал среднее содержание основных конституционных элементов, таких как углерод (52,5%), водород (4,58%) и азот (3,11%). Количество кислорода и серы в ГК исследуемых почв повышенное. Первое связано с разностным методом определения кислорода, а второе – с ботаническим и химическим составом растительных остатков, так как некоторые виды растений накапливают серосодержащие аминокислоты: метионин, цистеин и цистин в большем количестве. Кроме того, подвижность серосодержащих соединений зависит от почвенно-экологических условий, в частности от уровня влагообеспеченности. Фульвокислоты, выделенные из исследуемых почв методом У. Форсита, соответствуют среднестатистическому элементному составу ФК и существенно отличаются от гуминовых кислот: содержат меньше углерода и азота, такое же количество водорода и большее – кислорода. При выражении элементного состава в атомных процентах преобладающим элементом становится водород, а по величине отношения Н:С можно судить об особенностях строения вещества. Гуминовые кислоты дерново-таежных мерзлотных почв характеризуются величиной Н:С, рав-

ной 1,04, т. е. в формировании молекулы ГК участвуют почти одинаковое количество углерода и водорода. Относительно высокое для таежных почв содержание углерода в гуминовых кислотах объясняется преобладанием процессов окисления в условиях хорошей аэрации. Это утверждение согласуется с высокой величиной степени окисленности гуминовых кислот, рассчитанной на основе данных элементного состава. Величина Н:С в ФК значительно больше 1, что является формальным доказательством преобладания алифатических структур в этой группе кислот и меньшей степени их полимеризации, по сравнению с ГК. Многие авторы отмечают независимость свойств ФК, в особенности элементного состава, от типа почвообразования. Основная причина этого – их высокая растворимость и подвижность. Выявлено, что фульвокислоты исследуемых мерзлотных почв содержат меньше азота по сравнению с гуминовыми кислотами. Это связано с тем, что микроорганизмы в первую очередь утилизируют азот фульвокислот как наиболее доступного субстрата. Исследуемые препараты фульвокислот являются более окисленными соединениями, по сравнению с гуминовыми кислотами. ГК характеризуются высоким общим содержанием кислых функциональных групп с преобладанием карбоксиллов. В целом степень реакционной способности и адсорбционных свойств ГК высокая и находится на уровне с аналогами почв Западной Сибири. При пониженной биохимической активности формируются гуминовые кислоты с развитыми алифатическими цепями, но и фульвокислоты накапливаются соответственно в больших количествах и более сложных форм.

УДК 631.8

ГУМИНОВЫЙ ПРЕПАРАТ РОСТОК

Грехова И.В.

Тюменская ГСХА, Тюмень, grehova-rostok@mail.ru

В целях регуляции физиолого-биохимических процессов растений для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, особенно в условиях стрессовых воздействий природного и антропогенного характера, перспективно использование препаратов гуминовых кислот, обладающих уникальным свойством электронного парамагнетизма.

Сотрудники кафедры общей химии Тюменской ГСХА под руководством И.Д. Комиссарова изучают гуминовые кислоты с 1961 года. За это время проведены многочисленные исследования, полевые и производственные опыты. Изучали разное сырье и пришли к заключению, что более

экологически безопасным для получения гуминовых препаратов является торф. На основе полученных знаний разработана технология производства гуминового препарата из низинного торфа, которая запатентована. Создан в 2000 году при кафедре научно-производственный центр по выпуску препарата под зарегистрированной торговой маркой Росток.

Одним из факторов отличия технологии препарата является то, что мы готовим его из осажденной гуминовой кислоты. Это, во-первых, позволяет получать препарат со стабильным составом. К тому же контролируем содержание гуминовой кислоты в каждой партии препарата по оптической плотности. Постоянство состава гарантирует применение рекомендуемой дозы (0,001% рабочий раствор) и стабильность действия препарата на разных культурах во всех регионах России. Во-вторых, при применении препарата Росток не забиваются форсунки опрыскивателей.

Все эти годы параллельно с выпуском препарата продолжают проводиться его полевые и производственные испытания.

Препарат Росток обладает стимулирующими и адаптогенными свойствами; повышает устойчивость к болезням, к стрессам от пестицидов, низких температур, засухи и других внешних условий; увеличивает коэффициент использования питательных веществ; снижает содержание нитратов в продукции. Он ускоряет рост и развитие растений и непосредственно влияет на урожайность и качество продукции.

Регулятор Росток применяется чаще всего как компонент баковых смесей с пестицидами и удобрениями. Наиболее эффективный способ применения препарата – сочетание предпосевной (0,2–0,5 л/т) и некорневой обработки (200 мл/га). Препарат повышает энергию прорастания и всхожесть, растения не замедляют развитие при химической прополке, лучше развивается корневая система и колос. Растения меньше были подвержены заболеваниям.

В оптимальных влажных и температурных условиях прибавка от применения препарата Росток у зерновых культур составляет 15–25%. В экстремальных условиях эффективность препарата возрастает. В опытах ООО «Планта» добавление препарата Росток в протравитель в засушливых условиях обеспечило прибавку урожайности яровой пшеницы 34%, в баковой смеси и с протравителем, и с гербицидом – 45%.

В наших опытах протравитель Винцит Форте снизил длину проростка яровой пшеницы на 19%. Добавление препарата Росток в протравитель устранило негативное влияние протравителя на рост проростков, увеличение длины проростка по сравнению с протравителем составило 28%. Масса корневой системы превышает протравитель на 20%. Всхожесть с Ростком выше протравителя на 28%.

При применении препарата Росток в опытах получены прибавки (%) урожайности: ячмень – 17–55, овес – 52, озимая пшеница – 22, горох – 27, кукуруза (з.м.) – 40, клевер (семена) – 22, клевер (сено) – 32, донник (семена) – 50, донник (сено) – 87, подсолнечник (семена) – 17, рапс – 31, горчица – 47, сурепица – 48, картофель – 24–112, капуста – 27, сахарная свекла – 21 и т. д.

Таким образом, гуминовый препарат Росток отличает: высокая биологическая активность и широкий спектр действия на все культуры; стабильность состава; высокая степень очистки от примесей; небольшой расход действующего вещества; легко проникает в растительную клетку. Применение гуминовых регуляторов в баковой смеси с пестицидами должно быть обязательным агротехнологическим приемом.

УДК 631.4

СПЕЦИФИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

Захарова Е.Г.

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
zaharova_lena976@mail.ru*

Для изучения особенностей гумуса различных типов и подтипов почв с целью унификации материалов и их сравнения целесообразно использовать систему показателей гумусного состояния почв. Единая система показателей гумусного состояния почв, разработанная Л.А.Гришиной и Д.С. Орловым, дает градации величин, отражает уровни накопления гумуса в почве, его распределение по профилю, качественный состав и миграционную способность гумусовых веществ и позволяет проводить сравнения, используя технические средства. Кроме того, широкое использование состава гумуса при реконструкции палеоприродной среды требует статистических массивов данных для современных почв разных условий формирования, которые используются в качестве рецентной основы. Особенный интерес представляют территории со сложной историей развития и своеобразным климатом.

К таким территориям относится Юго–Восточный Алтай. И хотя имеются отдельные материалы по характеристике гумуса почв этого региона, массив данных недостаточен для статистических обобщений.

Гумусное состояние почв Юго-Восточного Алтая рассматривается на примере широко распространенных в регионе горно-луговых, горно-лесных бурых, горных сухостепных и каштановых почв.

Горно-луговые почвы характеризуются: средними грациями содержания гумуса в гумусовом горизонте ($C_{\text{общ.}}=5,1-5,4\%$), средней степенью гумификации органического вещества (21,5–27,6%), гуматно-фульватным типом гумуса (0,54–0,78), преобладанием среди гуминовых кислот фр.3 (24–54% от общего содержания ГК), низкими грациями содержания свободных форм ГК и гуматов Са, аккумулятивным распределением гумуса.

Горно-лесные бурые почвы в гумусовом горизонте характеризуются: средним содержанием $C_{\text{общ.}}$ (4,0–6,0%) и гуматно-фульватным (0,56–0,85) типом гумуса, средней степенью гумификации органического вещества (ОВ) (20,7–27,8%), высокой долей (в% от суммы ГК) свободных гуминовых кислот (62–78%), очень низкой ГК, связанных с Са (6–19%) и высокой долей прочносвязанных ГК (22–44% от Σ).

Содержание гумуса в горных сухостепных почвах относится к низкому, степень гумификации ОВ выше, чем в предыдущих почвах (23,1–29,0%), тип гумуса характеризуется как гуматно-фульватный. Почвы содержат высокое количество ГК фр.1 (65–77% от общего их содержания) и ГК фр.3 (22–68%) и отличаются очень низкой грацией в содержании ГК фр.2.

Для каштановых почв характерно низкое содержание $C_{\text{общ.}}$ в гумусовых горизонтах (2,1–3,7%), средняя степень гумификации ОВ (20,6–26,9%) и тип гумуса, изменяющийся в пределах от гуматно-фульватного (0,64–0,94) до фульватно-гуматного (1,02–1,32). В составе гумусовых веществ преобладают ГК, прочносвязанные с кальцием, содержание которых, согласно грациям гумусного состояния почв, определяется как среднее, доля свободных ГК как очень низкое.

Таким образом, в почвах гумидных условий формирования $C_{\text{общ.}}$ выше в 2–2,5 раза и характеризуется как среднее, тогда как в почвах аридных условий – низкое. В почвах горных склонов – тип гумуса только гуматно-фульватный, в межгорных котловинах встречаются также варианты с фульватно-гуматным типом, приуроченные к более прогреваемым участкам. Наименьшая доля бурых ГК выявлена в почвах сухих степей межгорных котловин, тогда как почвы инициального почвообразования, формирующиеся под петрофитными степями на горных склонах, отличаются повышенной долей этих ГК (до 65–75% от Σ ГК).

Почвы горных условий характеризуются низкой или очень низкой долей гуматов Са, а почвы межгорных котловин каштанового типа – средней и высокой (40–68% от Σ ГК). Основной особенностью гумуса почв региона является высокое количество ГК, связанных с глинными минералами (ГК фр.3), что характерно для почв, испытывающих влияние мерзлоты.

Следствием различного внутрипрофильного распределения основных компонентов гумусовых кислот и их фракций является разнообразие типов гумусовых профилей, которые могут использоваться при диагностике почв и применяться при проведении палеореконструкций природной среды прошлого.

УДК 631.48: 930.26

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Золотарева Б.Н., Демкин В.А.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, azol2003@rambler.ru*

Содержание, состав и структурно-функциональные параметры гумусовых веществ (ГВ) в почве находятся в состоянии подвижного равновесия с факторами внешней среды.

Погребенные почвы оказываются эффективной натурной моделью изучения эволюции ГВ в условиях полного прекращения поступления свежих растительных остатков и других нарушений условий и гумусообразования. Исследования гумуса погребенных почв постоянно расширяют интерпретационную базу о палеоклиматических условиях, что актуально для ретроспективной оценки эволюции биосферы и прогнозирования последствий изменения климата. В настоящем сообщении приводятся результаты исследований гумуса каштановых палеопочв Приволжской возвышенности, погребенных под разновозрастными курганными насыпями (XVI–XV вв. до н.э., II–III и XIV вв. н.э., могильник «Саломатино», Волгоградская область) и их современных аналогов, приуроченных к целинным участкам. Установлено, что уменьшение содержания гумуса в палеопочвах в результате диагенеза экспоненциально связано с длительностью их погребения, а содержание $C_{орг.}$, фиксируемое в настоящее время в каштановой палеопочве XVI–XV вв. до н.э. достигло стабильных значений. Суммарные потери $C_{орг.}$ из гумусового слоя (A1+B1) практически линейно связаны с длительностью погребения ($R=0.999$) и составили 45, 55 и 71% для палеопочв XIV, II–III вв. н.э и XVI–XV вв. до н.э. соответственно. Скорость минерализации гумуса снижалась с увеличением длительности погребения почв. За период 600–700 лет погребения она равна 14.1

$\times 10^{-4}\%$ С в год, за 3500 лет погребения – $3.17 \times 10^{-4}\%$ С в год. Темпы снижения потерь гумуса зависят, по-видимому, от времени адаптации микробного сообщества палеопочв к изменяющимся условиям среды. Изменения содержания гуминовых веществ (ГВ) и гуминов (ГМ) в составе гумуса почв хроноряда носили колебательный характер и осциллировали с колебаниями увлажненности климата в регионе. В почвах, погребенных во влажные периоды, отношение ГВ/ГМ выше или равно 1, в аридные – меньше 1. Выявлен тренд нарастания глубины гумификации органического вещества за последние 3500 лет. Соотношение С гк и С фк изменялось от 0.66 в срубной палеопочве до 1.6 в палеопочве золотоордынского времени. Это связано с нарастанием гумидизации климата, достигшей к XIII–XIV вв. н.э. максимума, что отмечалось нами ранее. Данные о минерализации гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) в процессе диагенеза палеопочв также свидетельствуют о тесной связи с колебаниями степени увлажненности палеоклимата. Установлено, что в почвах, погребенных в аридные климатические эпохи (XVI–XV вв. до н.э.) усилена биоминерализация гуминовых веществ (70–80% от общего уменьшения содержания С орг.), а в гумидные (XIII–XIV вв. н.э.) – гуминов. Выявлены значительные изменения в диагенезе структурно-функциональных параметров ГК исследуемых палеопочв. В структуре ГК почв, погребенных в XIV вв. н. э., т. е. уже в первые сотни лет после погребения, почти в 2 раза возросла доля ароматических и снизилось содержание алифатических фрагментов. Ароматический каркас становится мажорным компонентом молекулярной структуры ГК и повышает их термодинамическую стабильность. Таким образом, изучение гумуса каштановых палеопочв разновозрастных археологических памятников и оценка направленности и масштабов его изменений в результате диагенеза позволили установить особенности гумусообразования в связи с вековой динамикой увлажненности климата в сухих степях Нижнего Поволжья за историческое время.

Исследования проводились при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОСЕРЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Зорина С.Ю., Помазкина Л.В., Ковалева Н.Н.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, agroeco@sifibr.irk.ru

Загрязнение пахотных почв в зоне промышленных выбросов в лесостепи Байкальского региона создает проблемы экологически безопасного земледелия. Отсюда необходимость исследовать изменения состояния гумуса в зависимости от характера и уровня техногенного загрязнения. Исследования проводили в многолетних полевых опытах на агросерых почвах, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) химического и фторидами алюминиевого производства. Загрязнение почв ТМ соответствовало уровню «допустимое», а водорастворимыми фторидами – 6 ПДК. Условным контролем служила техногенно незагрязненная агросерая почва.

Во всех почвах, независимо от загрязнения, содержание гумуса соответствовало уровню «низкое», тип гумуса был фульватно-гуматный, а степень гумификации «высокая». Различия в групповом составе гумуса были незначительными. Фракционный состав гумуса характеризовался преобладанием связанной с кальцием фракции ГК-2. В загрязненной ТМ почве, в отличие от незагрязненной, содержание углерода и азота в ГК-2 снижалось, тогда как во фракции ГК-1 повышалось. В ФК-1 доля углерода была выше (15, против 9% в незагрязненной почве). В загрязненной фторидами почве направленность изменений фракционного состава гумуса была такой же, но наибольшие отличия оказались в группе ФК. Так, если содержание углерода в декальцинате в незагрязненной почве составляло 9%, то в загрязненной достигало 45% от суммы фракций. Во фракции ФК-2 содержание как углерода, так и азота было меньше. Высокое содержание их в подвижных фракциях (ГК-1, ФК-1а и ФК-1) указывает на повышение подвижности гумусовых веществ в загрязненных почвах.

Показатели трансформации системы гумусовых веществ, основанные на соотношении между подвижными и малоподвижными фракциями, позволяют оценивать особенности формирования активного (Пг) и медленного (МПг) пула углерода и азота. Для их расчета использованы формулы
$$Пг = ГК_1 + ФК_{1a} + ФК_1 : ГК_2 + ФК_2 + ГК_3 + ФК_3$$
 и
$$МПг = ГК_2 + ФК_2 : ГК_1 + ГК_3 + ФК_{1a} + ФК_1 + ФК_3$$
. Известно, что величина показателя Пг демонстрирует способность гумуса к минерализации, активность которой приводит к дестабилизации системы, а МПг - глубину гу-

мификации, обеспечивающую ее стабильность. В незагрязненной почве малоподвижные фракции существенно преобладали над подвижными. В загрязненной ТМ почве формирование пулов Пг и МПг было примерно одинаковым. В загрязненной фторидами почве в составе МПг больше было углерода (1.2), чем азота. В основном в обеих загрязненных почвах наблюдалось снижение малоподвижных фракций при возрастании подвижных (активный пул), потенциально доступных минерализации. Повышение соотношения Пг: МПг свидетельствует о снижении стабильности в состоянии системы гумусовых веществ. Так, если в незагрязненной почве величина показателя Пг: МПг по углероду составляла 0.1, то в загрязненной фторидами была в 3, а в загрязненной ТМ в 7 раз больше. Доказательством усиления доступности гумусовых веществ к минерализации является повышением эмиссии углерода и азота в атмосферу на загрязненных почвах. По средним многолетним данным газообразные потери углерода ($C-CO_2$) в пару достигают 4.0–6.5% от Сор_г, а азота – 4.3–4.5% от Нобщ., тогда как в незагрязненной соответственно 3.5% и 1.0%.

Таким образом, в условиях техногенного загрязнения пахотных почв направленность и активность трансформации в системе гумусовых веществ происходит в сторону усиления подвижности, обуславливающей усиление минерализации. Отдаленные последствия могут привести к деградации гумуса и снижению плодородия.

УДК631.4

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЧВЕ

Карасева А. С.¹, Околелова А.А.¹, Кожевникова В.П.¹, Куницына И. А.²;

¹*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград,
lerochek-9@mail.ru;*

²*ООО Технопроект НВ ТИСИЗ, Волгоград, ikunitsyna@mail.ru*

Одной из важных задач мониторинга «здоровья» почв является определение существующего «фоновое» содержания ксенобиотиков. Это позволяет устанавливать «точки отсчета» возможного загрязнения, прогнозировать приоритетные мероприятия по ремедиации почв. Для объективной оценки органического углерода антропогенного происхождения в почвах необходимо учитывать наличие в любой почве органического углерода естественного происхождения. Нами было проведено исследование почвенного покрова трех объектов, расположенных в черте Волгограда: светло-

каштановая супесчаная почва санитарно-защитной зоны ОАО «ХИМПРОМ»; светло-каштановая легкосуглинистая почва учебного научно-производственного центра «Горная поляна» на целине; лугово-каштановая супесчаная почва биологического памятника природы «Пахотина балка». Один из распространенных методов определения нефтепродуктов в почвах – инфракрасная спектроскопия. Он основан на том, что нефтепродукты рассматривают как сумму неполярных и малополярных соединений, алифатических, ациклических и ароматических углеводородов. Их отделяют экстракцией различными растворителями и хроматографией на приборе «Флюорат». Флюорат автоматически рассчитывает и выдает на дисплее процент достоверности измерения, если он меньше 90%, то эту пробу необходимо переделать и переснять. Среди почвоведов самый популярный способ определения органического углерода почвы – метод И.В. Тюрина в различных модификациях. В его основе – окисление органических соединений почвы бихроматом калия в присутствии серной кислоты. Условностью этого анализа являются допущения о том, что, с одной стороны процесс окисления может быть стопроцентным, с другой стороны, что бихромат калия реагирует в почве только с органическим углеродом. Таким образом, заведомо программируется ошибка, которая особенно велика в почвах, содержащих хлориды и катионы железа. Содержание нефтепродуктов в почве по величине органического углерода определяли по методике ГОСТ Р 51797-2001 путем экстракции n-гексаном на приборе «Флюорат 02-3М ЛЮМЭКС», в соответствии с ПНД Ф 14.1: 2.5-95, РД 52.2 4.476-95. Долю органического углерода устанавливали, используя метод окисления по И.В.Тюрину. В верхнем горизонте (0–5 см) исследуемых почв были получены следующие величины органического углерода на спектрофотометре: 2,62% в светло-каштановой почве санитарно-защитной зоны, 1,76% – в лугово-каштановой почве памятника природы, 0,78% – на целине. Полученные значения свидетельствуют о малогумусности почв и соответствуют зональным величинам накопления органического углерода в почвах. Методом окисления соответственно – 1,78; 0,65 и 0,38%. В исследуемом ряду почв закономерность их обуглероженности сохраняется, но величины доли органического углерода значительно ниже при их определении методом И.В. Тюрина. Очевидно, что окисление с бихроматом калия ведет к большим потерям при определении, чем на «Флюорате». Оба метода выявили наибольшую обогащенность органическим углеродом светло-каштановой супесчаной почвы санитарно-защитной зоны. Содержание органического углерода в светло-каштановой почве целины (Горная поляна) можно принять за фон – объект расположен в 30 км от города, значительно удален от

промышленных объектов и автодорог. С большой уверенностью можно сказать, о наличии органического углерода антропогенного происхождения в светло-каштановой почве ОАО ХИМПРОМ, содержание которого составляет 1,84% (2,62–0,78). Предприятие специализируется на производстве средств бытовой химии. Более объективным методом определения органического углерода в почвах, загрязненных поллютантами органического происхождения, следует признать их анализ на приборе «Флюорат».

УДК 631.114.2.

ЛИГНИНОВЫЕ СТРУКТУРЫ В ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ ПОЧВ (ПО ДАННЫМ ^{13}C - ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ)

Ковалев И.В.¹, Ковалева Н.О.¹

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, kovalevMSU@mail.ru,
natalia_kovaleva@mail.ru*

С позиций гумификации лигнин интересен не только как структурный компонент растительного опада, обладающий относительной устойчивостью к разложению, но и тем, что химически он представляет собой нерегулярный трехзамещенный биополимер большого молекулярного веса, построенный из фенилпропановых звеньев и обладающий коллоидными свойствами. Относительные пропорции составляющих лигнин фенолов определяются филогенетическим происхождением растений и обуславливают возможность возникновения большого числа разнообразных низко- и высокомолекулярных продуктов разложения лигнина в почвах, которые участвуют в гумусообразовании.

С помощью количественного анализа лигниновых фенолов и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии доказывается, что лигнин высших растений принимает участие в формировании специфических соединений гумуса почв, входя структурными фрагментами в алифатическую часть молекулы (пики при 56 ppm), так и в ароматическую часть молекул гуминовых кислот (пики при 147 ppm).

В почвах зональных рядов ароматические фрагменты лигнинного происхождения преобладают в алифатической части спектра светло-серых почв Коломенского ополья, горно-луговых почв и оглеенных почв аккумулятивных позиций ландшафта. Коэф. корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов и площадью пика лигнинного происхождения в алифатической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 56 ppm – 0,94.

В гуминовых кислотах почв лесостепи, сформированных на лессе, а также в черноземах вклад ароматических лигниновых фрагментов в 2

раза больше в ядерной, чем в периферийной частях молекулы. В погребенных горизонтах площадь пиков соединений лигниновой природы в ядерной части молекул гуминовых кислот в 5 раз превышает их галло для гуминовых кислот дневных горизонтов, что подтверждает теорию керогенообразования. Особенность гуминовых кислот ортштейнов и оглеенных горизонтов в том, что в них площади пиков лигниновых структур, одинаковы в ароматической и алифатической частях молекул ГК.

Сравнение ^{13}C -ЯМР-спектров нативных препаратов лигнина выделенных из разных пород древесных и травянистых растений со спектром молекулы гуминовой кислоты позволило впервые обнаружить, что, во-первых, количество пиков, наследуемых гуминовой кислотой от растительной ткани значительно больше. Они отчетливо диагностируется при 102, 115, 119 ppm. Во-вторых, набор пиков разнороден в спектрах разных растений и, соответственно, в молекулах гуминовых кислот разных почв он тоже должен быть разным. В- третьих, лигнин древесных растений южной тайги становится источником более развитых пространственно вытянутых с развитой алифатической частью молекул гуминовой кислоты, а феруловые и кумариловые фенолы степных растений формируют пространственно компактные структуры гуминовых кислот черноземов.

Таким образом, интенсивная минерализация лигнина и быстрый распад сложных структур до мономеров и олигомеров наблюдается в почвах с высокой биологической активностью – в черноземах, красноземах, а механизм встраивания неизменных пространственно вытянутых лигниновых структур в молекулу гуминовых кислот должен преобладать в почвах гумидных ландшафтов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (04-04-49727, 08-04-00809, 11-04-00453) и DAAD

УДК 631.417.2

СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, ГУМУСА, ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВ

Когут Б.М.

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

Органическая часть почвы представлена сложным комплексом специфических (гумусовых) и неспецифических органических соединений. В почвоведении традиционно с целью познания эволюции и трансформации

почв под воздействием природных и антропогенных факторов в первую очередь исследуют содержание, состав и природу ее органической части.

Содержание органического вещества (гумуса) является важнейшим, интегральным показателем, характеризующим генезис и плодородие почв. Его наиболее целесообразно оценивать используя параметр Corg , определяемый прямым методом – способом сухого сжигания на автоматических анализаторах. Для получения высокоточной аналитической информации требуется калибровка приборов с помощью комплекта стандартных образцов почвенных масс, аттестованных на содержание Corg .

Органическое вещество почвы представляет собой многокомпонентную сложно организованную систему органических соединений. Исследование качественного состава и природы органического вещества почвы связано с выделением относительно гомогенных составляющих этой системы методами физического, химического или биологического фракционирования в зависимости от поставленных научных задач.

До настоящего времени наиболее распространенным приемом изучения состава и природы гумуса является химическая экстракция гумусовых веществ с помощью растворов кислот, щелочей и солей по методам Тюрина в различных модификациях и Кононовой-Бельчиковой.

Со второй половины XX века появились и широко используются в современный период методы физического фракционирования почв (гранулометрическое, денсиметрическое, гранулоденсиметрическое), позволяющие исследовать органическое вещество в наименее измененном состоянии, близком к нативному.

В последнее время методы биологического фракционирования четко вписались в общую систему методов изучения состава органического вещества целинных и антропогенно преобразованных почв.

Установление лабильных (активных) или стабильных (пассивных) пулов органического вещества почв является одним из основных принципов дифференциации комплекса продуктов органо-минерального взаимодействия на более однородные группы фракций, различающиеся устойчивостью и трансформационной способностью по отношению к природным и/или антропогенным воздействиям. Подразделение пулов органического вещества на эти две разные (вещественно, энергетически или функционально) группы органических соединений следует соотносить с аналитическими методами фракционирования. Так, например, если речь идет о гумусовых веществах, выделяемых из типичного чернозема непосредственной 0,1 н. NaOH-вытяжкой, то эти вещества являются лабильными с химических позиций. При биокинетическом фракционировании

почв по Семенову определяются биологически активные или биологически пассивные группы фракций органического вещества.

Принципиально новую информацию дают подходы, сочетающие в себе методы физического, химического и биологического фракционирования органического вещества почв. Предложена схема, включающая в себя макроагрегатный анализ почв по Саввинову в модификации Хана с последующим фракционированием структурных отдельностей гранулоденсиметрическим методом Шаймухаметова-Травниковой или экстракцией из них лабильных (подвижных по Тюрину) гумусовых веществ. Приведены экспериментальные данные, полученные по этой схеме на образцах целинного и пахотного типичного чернозема Курской области в условиях длительных экологических опытов.

УДК 631.4

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ СФОРМИРОВАННЫХ НА РЫХЛЫХ ОТВАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

Комачкова И.В., Костенков Н.М., Пуртова Л.Н.

БПИ ДВО РАН, Владивосток, komachkova@mail.ru

Исследования проводились на участках Павловского угольного месторождения, расположенного на территории Приморского края. Объектами исследований послужили почвы, сформированные на разновозрастных отвальных породах: отвалы 1, 3, 8, 12, 13 и 18 лет после отсыпки.

На отвалах 3-летнего возраста происходит формирование литостратов инициальных, для которых характерно отсутствие каких-либо органогенных горизонтов. В связи с этим они отличаются очень малым содержанием гумуса (до 0,5%) и очень низкими его запасами (6 т/га). Обогащенность гумуса азотом оказывается очень высокой, степень гумификации органического вещества характеризуется как слабая (12%). В поверхностных горизонтах гумус отличается очень фульватным составом (Сгк/Сфк=0,49). На долю гуминовых кислот «свободных» и связанных с полуторными окислами приходится 43%, что оценивается как среднее содержание. Количество гуминовых кислот связанных с Ca^{2+} характеризуется как очень низкое (14%), «агрессивной» фракции (1а) фульвокислот – среднее (6% от $\text{C}_{\text{общ.}}$).

На 8- и 12-летних отвалах, в связи с развитием растительности, происходит быстрое накопление растительного органического вещества в виде подстилки, формируются литостраты органо-аккумулятивные, для кото-

рых свойственно очень малое содержание гумуса в поверхностных горизонтах профиля (до 0,74%) и очень низкие его запасы в слое 0–20 см (от 10 до 13 т/га). В связи с развитием подземной части растений на 13-летнем отвале происходит формирование литостратов дерновых. Содержание гумуса в них несколько увеличивается до 1,1%, запасы гумуса при этом остаются на уровне очень низких значений (до 12 т/га). Обогащенность гумуса азотом в поверхностных горизонтах органо-аккумулятивных и дерновых литостратов очень высокая, степень гумификации органического вещества – средняя (23–26%). Гумус имеет фульватный состав в органо-аккумулятивных литостратах ($C_{гк}/C_{фк} = 0,69$) и гуматно-фульватный – в дерновых ($C_{гк}/C_{фк} = 0,9$). Содержание 1-й фракции гуминовых кислот в поверхностных горизонтах литостратов на 12-летнем отвале характеризуется как среднее (47%), на 8 и 13-летних – низкое (20–22%). Количество гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} – очень низкое и низкое (15–36%), содержание «агрессивной» фракции (1а) фульвокислот – среднее (7–10% от $C_{общ.}$).

В наиболее позднюю стадию посттехногенного развития почв, на 18-летнем отвале формируются литостраты гумусово-аккумулятивные. Для них свойственно среднее (до 8%) содержание гумуса в поверхностных горизонтах профиля, и низкие запасы гумуса в слое 0–20 см (до 66 т/га). Гумусово-аккумулятивные литостраты характеризуются очень низкой обогащенностью гумуса азотом и высокой степенью гумификации органического вещества (36%). В горизонте А накапливается гумус фульватно-гуматного типа ($C_{гк}/C_{фк} = 1,05$). Содержание фракций гуминовых кислот «свободных» и связанных с полуторными окислами, связанных с Ca^{2+} , а так же «агрессивной» фракции (1а) фульвокислот – низкое (23, 32 и 5% соответственно). Что касается доли гуминовых кислот прочносвязанных с минеральной основой, то она оценивается как высокая во всех рассмотренных литостратах и составляет более 30%. Содержание водорастворимых органических соединений в поверхностных горизонтах инициальных, органо-аккумулятивных и дерновых литостратов характеризуется как высокое, в гумусово-аккумулятивных – среднее.

Таким образом, в процессе развития литостратов происходит увеличение содержания гумуса, его запасов и степени гумификации органического вещества в их поверхностных горизонтах. Доля «агрессивных» фракций уменьшается по мере удлинения временной стадии развития почв. Тип гумуса при этом меняется от очень фульватного в инициальных литостратах до фульватно-гуматного в гумусово-аккумулятивных.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ГУМУСА МИКРОАГРЕГАТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ ПРИ АГРОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Куваева Ю.В.

Почвенный институт им.В.В.Докучаева, Москва, avdeeva.tn@yandex.ru

Органическое вещество почвы распределено между двумя пулами, различающимися природой органических и минеральных компонентов и характером их связей. До 80% С гумуса прочно закреплено в адсорбционных комплексах с глинистыми минералами и оксидами Fe и Al, сосредоточенных в основном в илистых фракциях <1 мкм и частично – в микроагрегатах тонкой пыли 1–5 мкм, содержащих труднодиспергируемый ил. Это в основном низкомолекулярные соединения с низким содержанием С, обогащенные алифатическими цепями и азотом (С:N=7–8); обладая высокой гидрофильностью, при промывном режиме подвижны и агрессивны. Здесь сосредоточены основные резервы элементов минерального питания и азота (до 90%); благодаря прочному закреплению, почвенная биота расходует их постепенно. Другой пул – гумусовые вещества пылеватых фракций, не связанные прочно с минеральной матрицей ($d=1,8-2 \text{ г/см}^3$): тонкой 1–5 мкм, средней (5–10 мкм) и крупной (10–50 мкм) пыли, представляющие собой металлогуматы высокомолекулярных, богатых ароматическими структурами гумусовых веществ с Fe, Al и другими металлами; являются источником элементы питания в наиболее доступной, биогенной форме. Гуматы обладают гидрофобными свойствами и путем гидрофобного взаимодействия агрегируют почвенные частицы в агрегаты. В частицах 1–10 мкм они представлены в основном сгустками; по мере увеличения размеров в крупной пыли возрастает доля органических остатков на разных стадиях гумификации – органогенных агрегатов, внутри которых в анаэробных условиях и происходит формирование гуматов. Илистые частицы налипают на пылеватые микроагрегаты и органогенные частицы крупнее 50 мкм и таким образом участвуют в образовании агрегатов; отсутствие органогенных агрегатов ведет к слипанию илистых частиц между собой, поэтому важно наличие в почве свежих органических остатков. Установлено, что применение органических и минеральных удобрений вызвало устойчивое повышение содержания%С почвы на 0,3–0,4% как под зерно-пропашным севооборотом по сравнению с минеральным вариантом (5 полей с 2-мя пропашными; заложен в 1972 г.), так и под зерно-травяным севооборотом по сравнению с неудобряемыми вариантами (7 полей с 33% многолетних трав и

полям пропашных; заложен в 1966 г.). На вариантах с органическими удобрениями лучше качество гумуса: он более закреплен – выше%Сост, выше%Сгк и Сгк/Сфк, меньше доля Сфк в С почвы. Накопление гумуса обусловлено в основном (до 80%) С ост фракций 5–50 мкм (средней и крупной пыли): их вклады в Сост и С почвы выше в 1,5–2,5 раза; выше и вклады Сгк фракций в С и Сгк почвы. Под зерно-травяным севооборотом с большим поступлением корневых остатков и менее интенсивной с/х обработкой активнее накопление ценных гумусовых веществ пылеватых фракций, хотя органических удобрений вносилось в пересчете на 1 год 10 т/га, а под зерно-пропашным с/о 24 т/га. Прекращение внесения удобрений вызвало образование большого количества веществ фульватной группы:%Сфк почвы стал максимальным из всех вариантов, их доля в С почвы достигла 40%, Сгк/Сфк=0,22. Видимо, наиболее активно гуматы разрушались во фракции средней пыли:%Сфк максимален, Сгк/Сфк минимально.

В течение трех ротаций зерно-пропашного с/о в связи с ухудшением качества гумуса происходило разрушение микроструктуры, в значительно большей степени – на фоне без навоза: доля средней пыли снизилась на 17% и 25%, ее вклады в Собщ на 14% и 38%,; доля предколлоидов (0,2–1 мкм) возросла на 40% и 69%, их вклады в Собщ на 24% и 69%.

УДК 631.417

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Кузелев М.М., Мамонтов В.Г., Родионова Л.П.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, mshapochv@mail.ru

Лабильные гумусовые вещества (ЛГВ) принимают непосредственное участие в динамических почвенных процессах и являются важным фактором эффективного плодородия почв. В связи с этим нами было изучено влияние длительного сельскохозяйственного использования на состояние лабильных гумусовых веществ в обыкновенных черноземах Каменной степи. Объектами исследования служили чернозем залежи существующей с 1882 г., неорошаемый чернозем зернопаропропашного севооборота и орошаемый чернозем кормового севооборота. Установлено, что от весны к лету содержание лабильных гумусовых веществ закономерно уменьшается, при этом больше всего ЛГВ содержит чернозем залежи (9107–6613 мг/кг почвы), меньше всего неорошаемый чернозем (3361–1934 мг/кг почвы), в орошаемом черноземе

их количество составило 5634–3644 мг/кг почвы. ЛГВ залежного чернозема содержат 10,6 мг/100 г почвы P_2O_5 , неорошаемого чернозема – 11,8, орошаемого – 14,9. Вклад содержащегося в ЛГВ фосфора в общее количество органофосфатов составляет 10–14%, причем на долю лабильных гуминовых кислот приходится только 10–30% фосфора ЛГВ. В элементном составе ЛГВ залежного чернозема преобладает водород, на долю которого приходится 48,0 ат.%, вторым по значимости элементом является углерод – 30,6 ат.%. В значительно меньших количествах содержатся кислород – 18,3 ат.% и особенно азот – 3,1 ат.%. Судя по величине отношения Н: С равной 1,57 доминирующую роль в формировании ЛГВ залежного чернозема играют алифатические компоненты, обогащенные азотсодержащими группировками, на что указывает довольно низкое значение отношения С: N – 9,8. ЛГВ чернозема залежи относятся к восстановленным соединениям, поскольку степень окисленности их равна – 0,37. В результате длительного использования обыкновенного чернозема в неорошаемом земледелии содержание углерода в ЛГВ уменьшилось 4,0 ат.%, водорода на 5,2 ат.% и азота на 0,8 ат.%, тогда как содержание кислорода возросло с 18,3 ат.% до 28,3 ат.%. Судя по величинам отношений Н:С равной 1,61 и С: N возросшей с 9,8 до 11,6 в состав ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема преимущественно включаются компоненты алифатического типа обедненные азотсодержащими группировками. При этом трансформация ЛГВ носит ярко выраженный окислительный характер, о чем свидетельствует величина степени окисленности, изменившаяся с – 0,37 до +0,52.

В условиях орошаемого кормового севооборота элементный состав ЛГВ пахотного чернозема приобретает черты, сближающие его с элементным составом ЛГВ залежного чернозема. Об этом можно судить по увеличению до 31,0 ат.% содержания углерода, до 44,8 ат.% водорода и до 2,9 ат.% количества азота, тогда как содержание кислорода уменьшилось до 21,3 ат.%. Происходит это в результате включения в состав ЛГВ циклических структур и компонентов восстановленной природы обогащенных азотсодержащими группировками о чем свидетельствует уменьшение значений отношений Н:С и С: N с 1,61 до 1,45 и с 11,6 до 10,7, а также изменение степени окисленности с +0,52 до – 0,07. Особенности компонентного состава ЛГВ обыкновенного чернозема и характера его трансформации в условиях неорошаемого и орошаемого земледелия подтверждаются данными инфракрасной спектроскопии.

**АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ
БУРОЗЕМОВ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Латышева Л.А.

ТИГ ДВО РАН, Владивосток, l.a.lat@mail.ru

Было исследовано гумусное состояние буроземов островов залива Петра Великого, формирующихся под растительными ассоциациями на разной стадии антропогенеза. Буроземы являются основным компонентом структуры почвенного покрова этих островов и отличаются большим морфологическим разнообразием. Показано, что динамика гумуса в рассматриваемых буроземах тесно связана с возрастающей природно-антропогенной деградацией лесной растительности. В ходе деградации лесной растительности в разреженные леса с хорошо развитым кустарниковым ярусом (преимущественно из лещины) и дальнейшей замене ее травяно-кустарничковыми и злаково-разнотравными ассоциациями, увеличивается скорость биологического круговорота за счет поступления более богатого зольными элементами (особенно основаниями) опада, темпы гумификации, и как следствие характер гумусового профиля почв. На таких участках формируются буроземы темные иллювиально-гумусовые, с характерным для них мощным, с высоким содержанием гумуса иллювиально-гумусовым горизонтом. Под лесами, преимущественно дубовыми с примесью липы, березы, граба, формируются буроземы типичные. Под изреженными дубняками с хорошо развитым травяным покровом распространены буроземы темные, морфологический профиль которых отличается от буроземов типичных наличием переходного горизонта AUBM. Мощность гумусированной части почвенного профиля возрастает от бурозема типичного к бурозему темному и бурозему темному иллювиально-гумусовому и составляет 8-38-53(63-68) см соответственно. Отмеченные различия в морфологии профилей островных буроземов хорошо иллюстрируются данными содержания и запасов в них гумуса. В ряду бурозем типичный, бурозем темный, бурозем темный иллювиально-гумусовый заметно возрастает гумусированность аккумулятивно-гумусового горизонта (11; 14; 14,9–17%) и увеличиваются запасы гумуса. По системе показателей гумусного состояния почв буроземы типичные характеризуются средними запасами гумуса в 20 см слое – 116,2 т/га. Запасы гумуса в 20 см слое буроземов темных иллювиально-гумусовых составляют 175,6–191,7 т/га и оцениваются как высокие. Буроземы темные по запасам гумуса в 20 см слое занимают промежуточное положение между буроземами типичными и буроземами темными иллювиально-гумусовыми – 152

т/га. Гумификация в исследуемых буроземах идет по гуматно-фульватно-му типу в буроземах типичных и фульватно-гуматному типу в буроземах темных и буроземах темных иллювиально-гумусовых. С глубиной по профилю во всех изучаемых почвах содержание гумуса уменьшается. В буроземах типичных профильное распределение гумуса носит резко убывающий характер, тогда как в буроземах темных иллювиально-гумусовых постепенно убывающее. Содержание гумуса в средней части профиля составляет для бурозема типичного – 2%, бурозема темного – 3,41%, бурозема темного иллювиально-гумусового варьирует от 5,8 до 6,23%. Глубокая прогумусированность профиля буроземов темных иллювиально-гумусовых предопределяет в них высокие запасы гумуса (300–347 т/га) в 50 см толще. Этот показатель для буроземов темных иллювиально-гумусовых почти в 1,5 раза выше, чем для буроземов темных (213 т/га) и в два раза выше, для буроземов типичных (167,4 т/га). Полученные результаты свидетельствуют о том, что прогрессирующая антропогенная деградация лесов островов залива Петра Великого влияет на направленность процессов гумусообразования и гумусонакопления в островных буроземах, и обуславливает динамику их гумусного состояния.

УДК 631.417.2: 631.445.11

МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ

Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А.

Учреждение Российской академии наук Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, lodigin@ib.komisc.ru

Выполнены исследования молекулярно-массового распределения (ММР) препаратов гумусовых веществ тундровых почв: криповерхностно-глеевые – целинные и освоенные и криогидромофные – торфянисто-глеевые, торфяно-глеевые почвы, подстилаемые покровными суглинками. Характер ММР препаратов гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) из органогенных горизонтов криповерхностно-глеевых и криогидроморфных почв определяется различными условиями гумусообразования – криогенными процессами и фитогенными факторами. Гельхроматографирование ГК из криповерхностно-глеевых и криогидроморфных почв позволило разделить их на три фракции: высоко-, средне- и низкомолекулярные. Молекулярная масса (ММ) высокомолекулярной фракции ГК всех тундровых почв ≥ 600 кДа, ее массовая доля незначительна – 1.2–

3.0%. ММ среднемолекулярной фракции ГК криповерхностно-глеевых почв составляет: для освоенных – 67.0 кDa (18.1%), целинных – 77.3 кDa (29.6%); криогидроморфных почв – торфянисто-глеевых – 77.3 кDa (29.6%) и торфяно-глеевых – 83 кDa (33.4%). Доля низкомолекулярных ГК с ММ 2.6–5.3 кDa в изученных почвах доминирует (63.6–80.8%). Выявлено сравнительно высокое содержание низкомолекулярной фракции ГК в освоенных поверхностно-глеевых почвах (80.8%), что может быть связано с более жесткими температурными условиями этих почв в осенне-зимний период. Освоенные почвы накапливают больший запас холода, чем целинные, так как снежный покров на них менее мощный, и они промерзают на большую глубину. Трансформация органического вещества освоенных почв в таких условиях, возможно, приводит к отрыву периферических цепей и уменьшению молекулярной массы ГК. Сравнительный анализ освоенных почв средней тайги Республики Коми, полученный нами ранее, свидетельствует о противоположных процессах: усиление гумификации и образованию более зрелых биотермодинамически устойчивых молекул ГК, имеющих большую молекулярную массу. В ряду криогидроморфных почв следует выделить торфяно-глеевые: для них характерно сравнительно высокая массовая доля среднемолекулярной фракции ГК с ММ 83 кDa.

Результаты ММР для препаратов ФК криповерхностно-глеевых и криогидроморфных почв показывают, что для них характерно содержание только одной низкомолекулярной фракции с ММ от 1.5 до 3.0 кDa. Невысокая молекулярная масса ФК почв способствует их лучшей растворимости и повышает их миграционную способность. Установлено, что ММ ФК в освоенных почвах имеют тенденцию к уменьшению, по сравнению с целинными аналогами. Низкая ММ ФК тундровых поверхностно-глеевых освоенных почв, по-видимому, обусловлена пониженной минерализацией опада органических остатков.

Таким образом, выявлена специфика образования и трансформации молекул ГК и ФК тундровых почв, установлены эколого-географические закономерности молекулярного состава почвенного органического вещества в различных биоклиматических условиях тундровых ландшафтов. В почвах южной кустарниковой тундры отмечены тенденции к снижению высоко- и среднемолекулярных фракций, по сравнению с криогидроморфными почвами типичной мохово-лишайниковой тундрой. Флуктуации ММ ФК в почвах различных тундровых ландшафтов незначительны и находятся в пределах статистической значимости.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-04-00086.

ГРУППИРОВКА ПОЧВ ДАГЕСТАНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ГУМУСА

Магомедалиев З.Г., Бабаева М.А.

*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Махачкала,
mzg 42 @ yandex. ru*

В связи с тем, что гумус является основным показателем плодородия почв, нами проводились исследования по изучению содержания гумуса в почвах Дагестана. Подобные исследования проводились ранее другими исследователями, но без учета факторов, влияющих на накопление гумуса.

При группировке почв по содержанию и запасам за основу брали узкий интервал градации и гранулометрический состав почв. С учетом этого нами выделены 4 групп.

В первую группу входят почвы с минимальным (менее 2%) содержанием гумуса. Сюда входят светло-каштановые, каштановые, лугово-каштановые почвы с легким гранулометрическим составом, континентальные и морские пески. Запасы гумуса менее 150 т/га.

Вторая группа – почвы с низким (2–4%) содержанием гумуса и включает луговые, бурые лесные остепненные, частично, каштановые, лугово-каштановые средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, горно-каштановые горно-луговые, горно-долинные (луговые, лугово-каштановые) и солончаки. Запасы гумуса в них колеблются от 150 до 200 т/га.

Третья группа со средним содержанием гумуса (4–6%). К группе относятся лугово-болотные, темно-каштановые, коричневые, лугово-лесные, Запасы гумуса в них составляют 200–250 т/га.

Четвертая группа – с высоким содержанием гумуса (6–10%). К этой группе относятся горно-луговые дерновые, горно-луговые черноземовидные, бурые лесные типичные почвы. Запасы гумуса в них более 250 т/га.

Один и тот же тип почв в зависимости от геохимических условий формирования может оказаться в разных группах. Так, например, луговые почвы попадают во вторую и третью группы. Это обусловлено гранулометрическим составом почв, объемным весом, степенью эродированности и другими факторами. Особенно это проявляется для горных почв.

Группировка почв проведена для естественных почв, а для почв агроценозов установить группу очень сложно, поскольку один и тот же тип почв близко расположенных участков попадают в разные группы, что связано с многочисленными факторами, влияющими на содержание гумуса в почвах. Так, например, содержание гумуса в каштановых среднесуглинистых почв

вах одного поля составляет 1,20%, а другого соседнего участка 3,50%. Поэтому при характеристике почв агроценозов по содержанию гумуса необходимо проводить анализ каждого поля севооборота, поскольку, на содержание гумуса в них влияет множество факторов. Сопоставление средних уровней содержания гумуса в почвах агроценозов Дагестана, полученные ранее (до 1980 г.) и за последние годы (2005–2010 гг.) свидетельствует о том, что в почвах Дагестана наблюдается тенденция резкого снижения содержания гумуса. Потери по некоторым почвам составляют более 10%. Это связано с тем, что органические удобрения практически не применяются, но если и применяются, то в незначительных количествах (менее 2,5 т/га). Наблюдается слабый возврат фитомассы, в некоторых хозяйствах предпочитают сжигание пожнивных остатков зерновых культур. Ограничен посев многолетних трав и бобовых культур.

УДК 631.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ НА ПРОЦЕСС ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Мальцева А.Н., Золотарева Б.Н., Пинский Д.Л.

*УРАН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пущино, anasmalts@rambler.ru*

Одной из основополагающих гипотез гумусообразования является утверждение о синтезе гумусовых веществ (ГВ) из продуктов разложения растительных остатков (РО) с участием твердых фаз почвы в качестве катализаторов процесса. Кроме того, высокодисперсные минеральные компоненты обеспечивают физические механизмы защиты ГВ от биодegradации. Целью данной работы является исследование особенностей трансформации РО в присутствии песка и суглинка и изучение полученных продуктов гумификации с использованием современного метода инфракрасной Фурье спектроскопии.

В ходе лабораторного моделирования проведена инкубация РО кукурузы в присутствии песка и покровного суглинка в заданных условиях в течение 19 месяцев с периодическим отбором проб. На песке и суглинке максимальное количество ГВ отмечено через месяц после начала инкубации. По мере трансформации РО, содержание ГВ в экстрактах из компостов существенно изменялось, а характер динамики гумификации оставался похожим. При образовании меньшего количе-

ства ГВ на протяжении всего процесса гумификации РО в песке, степень гумификации в этой системе составляла на конец эксперимента 72%, в суглинистом субстрате – 61%. Коэффициент гумификации к 19 месяцам стабилизировался на уровне 6% для суглинка, 4% для песка. В ходе денсиметрического фракционирования компостов выделены фракции: легкие с плотностью $< 1.4 \text{ г/см}^3$ (ЛФ-1), $1.4\text{--}2.2 \text{ г/см}^3$ (ЛФ-2) и тяжелая $> 2.2 \text{ г/см}^3$ (ТФ), органическое вещество (ОВ) которых характеризуется различной степенью связи с минеральной матрицей. Денсиметрический анализ компостов показал, что содержание фракций изменяется в ряду: ЛФ-1 $<$ ЛФ-2 \ll ТФ. Проанализировано долевое участие денсиметрических фракций в распределении $S_{\text{орг}}$: с увеличением срока гумификации его доля в ТФ увеличивается линейно с 7 до 25%, в ЛФ-2 возрастает экспоненциально с 7 до 30%, в ЛФ-1 – снижается с 65 до 40%.

Методом ИК-Фурье спектроскопии исследованы структурно-генетические особенности ОВ компостов, денсиметрических фракций, а также препаратов гуминовых кислот (ГК) разного происхождения. Установлено, что на суглинистом субстрате происходит более интенсивное образование и сохранение соединений ароматической природы по сравнению с песком. Причем на суглинке ГВ отличаются высокой долей алкильных групп, тогда как на песчаных субстратах наблюдается повышенное накопление полипептидных соединений. Процесс кислотообразования усиливается со временем инкубации в обоих компостах, но на суглинке он интенсивнее. Более высокое содержание алифатических С-Н компонентов отражается в величине отношения $S_{\text{ГК}}/S_{\text{ФК}}$, которая на суглинке ниже, чем на песке. Таким образом, гумификация РО на суглинке сопровождается «фульватизацией» новообразованных ГВ. Наличие алифатических компонентов и свободных карбоксильных групп указывает на присутствие в ЛФ-2 суглинка значительного количества фульвокислот (ФК). Более высокая ароматичность ГВ ТФ при низком общем содержании $S_{\text{орг}}$ в ней свидетельствуют об образовании в данной фракции наиболее устойчивых ароматических соединений типа ГК. Препараты ГК суглинка отличаются высокой долей алкильных фрагментов. В песчаном субстрате периферическая часть ГК представлена главным образом легкогидролизуемыми компонентами – полипептидными и полисахаридными цепями. Количественные и структурные отличия ГВ, формирующихся в присутствии различных минеральных фаз, обусловлены их различной адсорбционной и каталитической способностью.

УДК 631.417.2

**МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ
ПОЧВ ГОРОДСКИХ ЦЕНОЗОВ****Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Калининченко Р.В.***РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, mshapochv@mail.ru*

В настоящее время изучению городских почв уделяется большое внимание, поскольку почвенный покров играет важную роль в формировании благоприятной экологической среды в мегаполисах. Возможность выполнения городскими почвами их экологических функций во многом зависит от состояния органического вещества, так как именно органическое вещество прямо или косвенно обуславливает многие фундаментальные свойства почвы. Поэтому углубленное изучение органического вещества имеет большое значение для оптимизации его режима в почвах различных городских ценозов. Объектами наших исследований служили почвы различных ценозов г. Москвы. На участке смешанного леса находящегося в пределах города почвенный покров представлен мало измененными под влиянием антропогенеза дерново-подзолистыми почвами. Почвы сквера, газонов бульвара и междомовой территории представлены урбаноземами. Гуминовые кислоты (Гк) экстрагировали 0,1 н раствором NaOH до предельного извлечения после предварительного декальцирования почвы. Фракционирование гуминовых кислот на сефадексе G-75 показало, что они характеризуются различной степенью дисперсности. Гк дерново-подзолистой почвы состоят из трех фракций, среди которых преобладает фракция 2 с молекулярной массой (ММ) 7400 и относительным содержанием 47%. Второй по значимости является фракция 3, относительное содержание которой составило 31%, а ММ равна 3400. Самое низкое содержание – 22% присуще высокомолекулярной фракции 1 выходящей со свободным объемом и имеющей $ММ \geq 74500$. На долю низкомолекулярных фракций (< 10000) приходится 78% от массы Гк, а примерная средневзвешенная ММ гуминовых кислот составила 20900. Гк урбанозема междомовой территории разделились на 4 фракции. Их ММ и относительное содержание составили: фракции 1 – ≥ 74500 и 22%, фракции 2 – 34500 и 14%, фракции 3 – 10900 и 40%, фракции 4 – 5000 и 24% соответственно. На долю низкомолекулярных фракций приходится 64%. Примерная средневзвешенная ММ возросла по сравнению с Гк дерново-подзолистой почвы до 26800. Высокой степенью дисперсности характеризуются Гк урбаноземов сквера и бульвара разделившиеся на 5 фракций. В составе Гк урбанозема сквера преобладают фракция

3 с ММ 9000 и относительным содержанием 32%, фракция 1 с ММ ≥ 74500 и относительным содержанием 29% и фракция 4 с ММ 4200 и относительным содержанием 23%. На долю фракции 2 имеющей ММ 23500 приходится 14%, а фракции 5 с ММ 1600 всего лишь 2%. Вклад низкомолекулярных фракций в общую массу Гк составил 57%. Примерная средневзвешенная ММ гуминовых кислот урбанозема сквера составила 28800. В составе Гк урбанозема бульвара преобладает фракция 1 имеющая ММ ≥ 74500 и относительное содержание 28%. Несколько меньше – 22% приходится на долю низкомолекулярной фракции 5 с ММ 3400. Одинаковый вклад в формирование Гк урбанозема бульвара вносят остальные три фракции имеющие ММ 34500 (фракция 2), 16000 (фракция 3) и 10900 (фракция 4). Относительное содержание фракций 2 и 3 составило 16%, фракции 4–18%. Всего на долю низкомолекулярных фракций приходится 40%. Величина примерной средневзвешенной ММ оказалась на уровне 31700. В целом Гк урбаноземов имеют более высокие степень дисперсности и примерную средневзвешенную молекулярную массу, на 50% и более они сформированы фракциями с молекулярными массами не характерными для естественных дерново-подзолистых почв.

УДК 631.417:631.445.41

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО

Масютенко Н.П., Кузнецов А.В.

*ГНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, Курск,
vniinp@kursknet.ru*

Исследования проводили в течение 2007–2010 гг. на территории многофакторного полевого опыта ВНИИЗиЗПЭ в черноземе типичном тяжело-суглинистом на склоне северной экспозиции крутизной 3–5°. Установлено, что основную часть органического вещества чернозема типичного (ОВ) составляет гумус (95–99%). Доля инертного гумуса в ОВ на исследуемых угодьях колеблется в пределах от 78 до 93%, лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) – от 6,8 до 16,9%, негумифицированного органического вещества (НОВ) – от 0,1 до 5,2%, микробной биомассы (МБ) – от 1,5 до 3,3%.

Возрастание агрогенной нагрузки на чернозём типичный в ряду: лесополоса (27–28 лет) \leq залежь (23–24 года) $<$ многолетние травы (МТ) $<$ зернотравяной севооборот (ЗТС) $<$ зернопропашной севооборот (ЗПС) $<$

зернопаропропашной севооборот ЗППС < бессменный пар, – приводит, с одной стороны, к снижению содержания и запасов гумуса в слое 0–25 см в 1,4 раза, запасов НОВ и ЛГВ в слоях почвы 0–25 см и 25–50 см, соответственно, в 3,4–3,7 и 3,0–3,2 раза и в 8–15 и 2,6–3,1 раза, с другой стороны, к некоторому увеличению доли гумуса, уменьшению доли ЛГВ и значительному снижению долей НОВ и лабильных гуминовых кислот в составе ОВ, как в слое 0–25 см (соответственно, в 17 и 8,3), так и в слое 25–50 см (соответственно, в 9 и 5,4 раза).

Наибольшая доля МБ в ОВ выявлена в слое 0–25 см чернозёма типичного в лесополосе, на залежи и на пашне с ЗППС. Последнее, возможно, объясняется активирующим воздействием чистого пара на микробоценоз почвы. В бессменном пару в слое 0–25 см доля МБ в ОВ по сравнению с почвой в лесополосе и на залежи меньше примерно в 1,3 раза, но больше, чем на пашне с ЗПС. В слое почвы 25–50 см на всех изучаемых угодьях доля МБ в ОВ была выше, чем в слое 0–25 см, и изменялась незначительно (от 3,0 до 3,4%). Доля в МБ в ОВ определяется как степенью агрогенного воздействия, так и гидротермическими условиями, сложившимися в почве. Установлено, что с увеличением степени агрогенной нагрузки биогенность гумуса верхнего слоя почвы снижается, а биогенность ЛГК увеличивается. Причём на пашне характерной особенностью является более высокая биогенность ЛГК нижних горизонтов по сравнению с верхними.

В слое 25–50 см чернозёма типичного на изучаемых угодьях доля активного пула органического вещества почвы в ОВ постепенно снижалась в ряду: лесополоса → залежь → ЗТС → ЗПС → ЗППС → бессменный пар. При этом доля НОВ постепенно снижалась, а доля МБ при этом практически не менялась.

Установлена тесная связь запасов НОВ в почве с содержанием лабильных гумусовых веществ, коэффициенты корреляции равны 0,83–0,95. Обратная связь выявлена между содержанием в почве МБ и степенью агрогенных нагрузок, сила связи изменяется от сильной до средней и определяется гидротермическими условиями года и антропогенными факторами.

Обнаруженные общие закономерности компонентного состава ОВ на изучаемых угодьях сохранялись в изучаемые годы. Главной причиной отмеченных выше закономерностей является разная степень агрогенного воздействия на почву.

Таким образом, установлены количественные изменения компонентного состава органического вещества чернозёма типичного в зависимости от вида землепользования и степени агрогенной нагрузки.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНЫХ ПОЧВЫХ

Маулина Е.Р.

*ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА имени Д.Н. Прянишникова, Пермь,
mau89yohoo@inbox.ru*

Гумусное состояние почв характеризуется совокупностью показателей, в число которых входят и оптические свойства гумусовых веществ. Химическую природу гумусовых веществ определяют такие оптические показатели, как оптическая плотность, коэффициент поглощения (экстинкции) гуминовых и фульвокислот, коэффициент цветности.

Цель исследований – определить оптические свойства гумусовых веществ. Объекты исследований – горные почвы на территории заповедника «Басеги» в Пермском крае. По зональному распределению растительного покрова рассматриваемая территория находится в подзоне средней тайги бореально-лесной зоны в пределах западных отрогов Уральской горной страны. Почвенные образцы были отобраны на разных высотных поясах, которые отличаются характером растительности. В горно-лесном поясе до высоты 450–600 м н.у.м. покрывает темнохвойная тайга с достаточно густым травянистым покровом. Субальпийский пояс на Среднем Урале включает три подпояса (парковое редколесье, субальпийские луга, кривлесье), различающиеся характером и типом растительности. Пояс парковых лесов (редкостойные, малая сомкнутость подлеска, крупнотравье) с высотой довольно плавно переходят в криволесье, в котором древесные растения имеют причудливые формы высотой 4–8 м, уменьшается доля крупнотравья. Субальпийские луга расположены на тех же высотах, что и криволесье, часто перемешиваясь с ним. Луговые сообщества (высокотравные и разнотравные) поднимаются вверх почти до каменистых россыпей. На высоте 800 м и более встречаются каменистые, кустарничковые, травяно-моховые тундры.

Исследования проводились с пятью светофильтрами с длинами волн 420, 460, 510, 540, 600 нм на универсальном фотометре, толщина определяемого слоя жидкости в фотометре 1 см.

Определение светопропускающей способности показало, что гумусовые вещества имеют восходящий характер светопропускания с наибольшим ослаблением в области коротких волн (460 нм) и наименьшим в области длинных волн (600 нм), что говорит об одностороннем

ности химической природы гумусовых веществ горных почв. Рассчитанная оптическая плотность гуминовых кислот имеет максимальные значения в почвах под травянистой растительностью в субальпийских лугах, что характеризует обогащение более гумифицированных продуктов бензоидными структурами и сопряженными двойными связями, то есть нарастает степень ароматизации. Для горных почв характерны очень широкие значения отношений $D_4:D_6$, что говорит о менее сложном строении молекул гуминовых кислот в связи с особенностями горного почвообразования. В данных природных условиях низкие температуры, высокая влажность, кислая рН, ослабленная микробиологическая активность, достаточное содержание биомассы, органического вещества приводит к трансформации промежуточных высокомолекулярных продуктов распада по гипотезе Л.Н. Александровой. Данные коэффициента цветности указывают на очень низкую степень конденсации ароматического ядра гуминовых кислот. Сложность ароматической структуры ядра гуминовых кислот изменяется в зависимости от типа растительности: наиболее сложная структура молекулы гуминовой кислоты отмечается под травянистой растительностью субальпийских лугов (коэффициент цветности 42,97); под лесной растительностью в горно-лесном поясе отмечается большее упрощение структуры ядра молекул гуминовых кислот (коэффициент цветности 356,54). Кроме того, коэффициент цветности показывает, что в структуре молекул гуминовых кислот преобладает развитая периферическая часть (алифатические цепи) и отмечается низкая степень ароматизации ядра со слабым образованием двойных связей. Это способствует гидролизу гуминовых кислот до фульвокислот (согласно гипотезе Д.С. Орлова). Коэффициент цветности не зависит от концентрации раствора гуминовых кислот, и поэтому может являться важным диагностическим признаком почв, что и демонстрируют полученные результаты.

Таким образом, исследуемые почвы различны по условиям формирования, что и приводит к разной природе гумусовых веществ, то есть почвы генетически различаются. Процесс гумификации в исследуемых горных почвах находится на первом этапе согласно гипотезе гумификации Л.Н. Александровой, что подтверждает молодость и незрелость гумусовых кислот.

СОРТОВАЯ РЕАКЦИЯ DRACOSEPHALUM L. НА ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Найда Н.М.¹, Комаров А.А.², Лавруков М.Ю.¹

¹СПбГАУ, Санкт-Петербург, Nadi001@rambler.ru

²АФИ, Санкт-Петербург; Zelenydar@mail.ru

Известно, что гуминовые вещества оказывают различное физиологическое действие на рост и развитие растений. В настоящее время расширяется практика применения разнообразных гуминовых препаратов в сельскохозяйственном производстве. Рекомендации по применению этих препаратов носят рекомендательный характер для различных видов растений. Однако сортовая реакция растений на гуминовые препараты почти не изучена. Нами была предпринята попытка оценить сортовую реакцию растений на разные гуминовые препараты.

В качестве объекта исследований использовались виды рода *Dracosephalum L.* (змееголовника молдавского) разного географического происхождения. Изучение особенностей сортовой реакции растений, в том числе: биологии цветения, нектаровыделения, плодообразования, проводилось на малом опытном поле СПбГАУ в 2007–2010 гг. Подготовка почвы и семян (эрмов), посев и уход за растениями проводились в соответствии с методическими указаниями. Посев семян проводили в мерных лентах широкорядным способом, норма высева семян – 5 кг/га. Площадь опытных делянок – 10 м², повторность опыта – четырёхкратная.

Учитывая, что семена исходных растений были произведены в разных условиях, предварительно производилась адаптация этих семян к условиям зоны выращивания. Таким образом за год до основного эксперимента была получена семенная масса всех изучаемых сортов, выращенных в одних условиях. Для проведения дальнейшего эксперимента были выбраны следующие сортообразцы: Архат (образец К-10, Санкт-Петербург); Агота-2 (образец К-6, Молдова); (образец К-7, Германия); Зея (образец К-8, Казахстан).

В опытах использовали физиологически активные вещества (ФАВ): «Стимулайф» – (ТУ 2186-016-79850210-2007), ГК-На – натриевые соли гуминовых кислот. ФАВ гуминовой природы применяли путём обработки семян в течение 24 часов перед посевом в оптимальных концентрациях (0,001%) установленных в предварительных лабораторных исследованиях.

На основании проведенных экспериментов было выявлено, что сортовая реакция растений на препараты существенно различается по всем параметрам биопродуктивности. Отмечено, что наибольшее нектаровыде-

ление в цветках змееголовника молдавского наблюдается в период от раскрытия пыльников до созревания рыльца. В это время в нектаре выделяется и наибольшее количество сахаров. Количество мёда значительно колебалось по сортам. Максимальное значение было на сортообразце К-7 – 663,6 кг/га, минимальное на образце К-10 – 3,6 кг/га. На сортообразцах К-6 и К-8 составило 22,1 и 80,6 кг/га.

Сравнив сортообразцы змееголовника молдавского между собой, а также изучив влияние ФАВ разной природы на их биопродукционные процессы, были сделаны следующие выводы: 1. Белоцветущая форма змееголовника молдавского продуцирует больше биологического мёда, чем синецветущая. 2. Препарат «Стимулайф» оказывал стимулирующее действие на все испытуемые сорта, однако степень влияния в сортовом разрезе была разнообразной. 3. ГК-На в некоторых случаях оказывал ингибирующее действие на рост и развитие отдельных сортов исследуемых растений. 4. Разные гуминовые препараты по-разному действовали на различные сорта. Таким образом в практике применения гуминовых препаратов необходимо учитывать особенности сортовой реакции растений на их обработку. С другой стороны вполне вероятно, что разнообразные гуминовые соединения почв могут выступать в качестве регуляторов ростовых процессов в многокомпонентном видовом и сортовом ансамбле биоценозов.

УДК 631.481

ВЛИЯНИЕ ЛИГНОГУМАТА НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО ПОД РАЗЛИЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Неганова Н.М., Полиенко Е.А., Безуглова О.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, nadus4a87@rambler.ru

Лигногумат – концентрированный гуминовый препарат, технология получения которого основана на создании условий, ускоряющих процесс гумификации лигнинсодержащего сырья, на практике при его получении используются отходы целлюлозно-бумажного производства. В своих исследованиях мы использовали лигногумат марки БМ калийный, представляющий собой 20% водный раствор. В пересчёте на сухое вещество содержание солей гуминовых кислот и фульвокислот составляет 80–90%, массовая доля общей серы – не менее 3%. Содержит этот препарат в органически связанной форме и микроэлементы: железо, цинк, медь, марганец, молибден, кобальт, бор.

Исследования вели в Ростовской области на территории учебно-опытного хозяйства ЮФУ «Недвиговка» под озимой пшеницей (сорт «Зерноградка 11»), и в питомнике декоративных растений «ЗеленКуст», расположенном на северной окраине г. Ростова-на-Дону, на сеянцах боярышника сорта «Макроканта» (*CRATAEGUS macracantha* Lodd.). Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Учетная площадь делянки под озимой пшеницей была 50 кв.м, полевая повторность четырехкратная. Внесение лигногумата производили двукратно опрыскиванием: осенью по всходам и весной в фазу кущения. Полевой опыт был заложен по следующей схеме: 1. Контроль (без удобрений); 2. Лигногумат. Репрезентативность исследований в опыте с боярышником обеспечивалась достаточно высоким количеством саженцев на одном варианте – по 112 растений. Учетная площадь делянки составляла 20 м². Схема опыта: 1) 1. Контроль (без удобрений); 2. Лигногумат по листу 0,05% раствор; 3) лигногумат в почву 0,5% раствор. Обработки лигногуматом производили один раз в месяц, всего было проведено 8 обработок, т.к. наблюдения велись 2 года.

Результаты показали, что на варианте с лигногуматом урожайность озимой пшеницы составила 40,0 ц/га зерна, что на 25% больше, чем на контроле. Влияет лигногумат и на показатели качества зерна озимой пшеницы: если на контроле содержание (%) клейковины составило 23,3, а протеина – 12,2, то на варианте с лигногуматом соответственно – 25,5 и 13,2. Причем и качество клейковины на варианте с лигногуматом оказалось выше: ИДК на контроле был 73,7, на варианте с лигногуматом – 79,7. Хорошо реагировали на лигногумат и сеянцы боярышника: через месяц после первой обработки внешний вид сеянцев на вариантах с гуматом был лучше, чем на контроле, о чем свидетельствовали как более активный прирост, так и отсутствие большого числа погибших всходов. Дальнейшие наблюдения показали, что лигногумат активно влияет на увеличение диаметра и высоты растений, особенно при внесении его в почву.

Лигногумат способствовал увеличению биологической активности чернозема обыкновенного карбонатного, которая контролировалась по активности каталазы, инвертазы, полифенолоксидазы и пероксидазы. Наиболее значительный отклик на лигногумат показала инвертаза, другие ферменты также реагировали положительно, однако статистически достоверность разницы с контролем доказывалась не всегда.

Препарат также влияет на обеспеченность подвижными формами азота и на подвижность фосфора в черноземе обыкновенном карбонатном как под озимой пшеницей, так и при выращивании древесной культуры. Причем обеспеченность почвы подвижными формами фосфора на вари-

антах с лигногуматом выше, чем на контроле, на статистически значимые величины. Внесение лигногумата в почву способствует хотя и небольшому, но статистически значимому увеличению содержания гумуса в почве.

Таким образом, применение лигногумата способствует получению более высокого урожая лучшего качества зерна озимой пшеницы, и лучшему развитию сеянцев боярышника. Это объясняется тем, что за счет внесения биологически активных веществ происходит активизация биохимических процессов в черноземе обыкновенном карбонатном и повышается доступность элементов питания растениям.

УДК 631.45:631.445.24

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ

Овчинникова М.Ф.

*Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ им.М.В.Ломоносова,
Московская обл., biochem.ovchinnikova@yandex.ru*

В последние 10–15 лет практически во всех почвенно-климатических зонах России отмечается усиление признаков дегумификации (снижение общего уровня гумусированности почв, ослабление процессов формирования гуминовых кислот, ухудшение качества гумуса), что является следствием техногенных воздействий, применения несовершенных систем земледелия, либо интенсивных методов хозяйствования, не соответствующих ландшафтным особенностям местности и литологическим характеристикам почв. На примере чувствительных к неблагоприятным воздействиям дерново-подзолистых почв изучены признаки деградации гумуса под влиянием факторов агрогенного, природно-агрогенного и техногенного происхождения. Изменение параметров гумусовой системы прослежено на уровне общей гумусированности почвы, групп и фракций гумусовых кислот почвы и элементарных почвенных частиц, молекулярных структур гуминовых кислот. Характер ответных реакций компонентов гумуса и степень выраженности признаков деградации четко соответствовали специфике нарушения условий гумификации. При агрогенных и природно-агрогенных воздействиях наблюдалась своеобразная экологическая обстановка, обусловленная различной комбинацией негативно измененных факторов гумификации: количества гумусообразователей, кислотности, со-

держания и состава обменных катионов, гидрологического и окислительно-восстановительного режимов, биологической активности. В подобных условиях проявляется химическая (физико-химическая, биохимическая) деградация, обусловленная деструктивной трансформацией молекулярных структур гумусовых веществ. При водно-эрозионных и техногенных воздействиях отмечено изменение состава элементарных почвенных частиц и утяжеление механического состава почвы, что привело к проявлению признаков механической (физической) деградации. Общие размеры потерь гумуса при агрогенных и природно-агрогенных воздействиях определялись интенсивностью и длительностью влияния фактора, при техногенных воздействиях – глубиной нарушения почвенного покрова. Ответные реакции гумусовых кислот почвы при всех видах неблагоприятных воздействий в большей мере проявлялись на уровне фракций при менее значительных изменениях показателей группового состава. Характер перераспределения фракций является четким отражением изменения конкретных факторов гумификации и одним из ранних симптомов деградации гумуса. Главным признаком деградации гумуса, определяющим масштабы его потерь и ухудшение качества, при всех видах воздействий является ослабление процесса формирования гуминовых кислот, изменение их состава и упрощение структуры. Ослабление процесса гумификации в большинстве случаев прослежено на обеих стадиях – новообразования гуминовых кислот и полимеризации гумусовых структур (формирования гуматов). Оба процесса локализованы в

тонкодисперсных частицах: новообразования гуминовых кислот в основном в илстых и мелкопылеватых, полимеризации гумусовых структур – в мелкопылеватых и среднепылеватых. Ослабление процесса гумификации и деструкция молекулярных структур гуминовых кислот при проявлении химической (физико-химической, биохимической) деградации сопряжены с деградационной трансформацией тонкодисперсных частиц. Деструкции подвержены, в первую очередь, высокомолекулярные структуры гуминовых кислот, менее устойчивые к изменению экологических условий. В каждом конкретном случае прослежена адекватная реакция молекулярных структур на изменение условий гумификации. Ослабление процесса гумификации и упрощение структуры гуминовых кислот при проявлении механической (физической) деградации являлись результатом разбавления верхней части профиля почвы малоплодородным материалом из нижележащих слоев; негативные изменения прослежены преимущественно в наиболее

вариабельных в количественном отношении тонкодисперсных частицах. При всех видах неблагоприятных воздействий независимо от механизма деградации в структуре потерь гуминовых кислот доминировали подвижные фракции и гуматы, адекватно реагирующие на изменение условий гумификации. Обеднение гумуса подвижными формами гуминовых кислот и гуматами наряду с усилением фульватной направленности процессов превращения органических веществ существенно снижают агрономическую ценность гумуса и его сопротивляемость неблагоприятным воздействиям.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Орлова Е.Е.^{1,2}, Кирсанов А.Д.¹, Бакина Л.Г.²

¹СПбГУ, СПб, *orlova55@mail.ru*;

²СПбНИЦЭБ РАН, СПб, *bakinalg@mail.ru*

Проблема восстановления почв, которые были нарушены в результате аварийных разливов нефти, за последние десятилетия приобретает все большую остроту и актуальность. Особенно это заметно сейчас, когда практически каждый день происходят крупные экологические катастрофы, связанные с нарастающими темпами добычи нефти и ее транспортировкой.

При этом, в реальной жизни нарушенные экосистемы, как правило, подвергаются не однократным, а многократным воздействиям. Поэтому особый интерес представляет изучение реакции почв на повторные нефтяные загрязнения.

Известно, что система гумусовых веществ является основой плодородия почв, служит резервом необходимых растениям питательных веществ. От количества и качества органического вещества зависят практически все основные свойства почвы, включая их экологическую устойчивость. Органическое вещество также является источником энергии для микроорганизмов, от активности которых, в свою очередь, напрямую зависит скорость очищения нефтезагрязненных почв. Следовательно, гумусовые вещества в значительной степени определяют как устойчивость почв к внешним воздействиям, так и процессы самовосстановления нарушенных почв, в том числе, загрязненных углеродами нефти.

Более ранними исследованиями было достоверно показано, что при нефтезагрязнении дерново-подзолистых почв сырой нефтью и в лабораторных, и в полевых условиях происходит взаимодействие привнесенных углеводов с гумусовыми кислотами. Наблюдаемые изменения в структуре и качестве органического вещества нефтезагрязненных почв носят негативный характер, что проявляется в деградации их гумуса, результатом чего является значительное снижение двух важных экологических функций почвенного органического вещества – средообразующей и биопротекторной. Такие изменения гумусового состояния нефтезагрязненных почв приводят к снижению экологической устойчивости их гумуса и, в целом, к снижению собственной устойчивости почв.

Для изучения влияния повторного загрязнения нефтью на гумусовое состояние окультуренной дерново-подзолистой почвы был проведен лабораторный модельный эксперимент. Объектом исследования явилась почва, которая ранее использовалась для изучения первичного нефтяного загрязнения в полевом опыте. К началу настоящего модельного эксперимента нефтезагрязненная почва прошла 4-летний цикл самовосстановления, приведший к практически полному восстановлению ее основных агрохимических свойств. Однако деградационные изменения, затронувшие систему гумусовых веществ и микробиоценоз почвы, продолжали фиксироваться.

На повторное загрязнение нефтяными углеводородами органическое вещество исследуемой почвы отреагировало закономерным образом. Было установлено увеличение содержания собственно гумусовых кислот, выделяемых из почвы полярными растворителями – щелочными, солевыми и кислотной вытяжками, а также сужение в составе органического вещества соотношения лабильных и устойчивых форм гумуса. Выявленные процессы сопровождаются также, как и при первичном загрязнении нефтью, уменьшением содержания кислых функциональных групп и значимым уменьшением индекса оптической плотности гуминовых кислот, что свидетельствует о снижении уровня ароматизации их молекул.

Для ответа на вопрос об обратимости наблюдаемых в гумусовом состоянии негативных изменений, как при первичном, так и при повторном загрязнении дерново-подзолистых почв нефтью, требуется проведение дальнейших экспериментальных и мониторинговых исследований.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГУМУСА ЦЕЛИННЫХ И ОКУЛЬТУРЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Орлова Н.Е.¹, Орлова Е.Е.^{1,2}, Бакина Л.Г.², Гавриков Е.В.¹

¹СПбГУ, Санкт-Петербург, orlova48@mail.ru;

²СПбНИЦЭБ РАН, Санкт-Петербург, bakinalg@mail.ru

В последние десятилетия все большее внимание исследователей привлекает проблема, связанная с увеличением интенсивности разложения органического вещества почв и развитием процессов дегумификации. Основная причина дегумификационных процессов в окультуренных почвах – применение агротехнических приемов, которые не могут обеспечить положительный или бездефицитный баланс питательных веществ и гумуса. Отдельные исследователи связывают дегумификацию почв с потеплением климата. В России проблема дегумификации почв, осложнилась снижением уровня агротехники в период экономической дестабилизации и отсутствием контроля за биологическими и биохимическими процессами в почве.

Цель данной работы – сравнительное изучение современного состояния и функционирования гумуса целинных и окультуренных дерново-подзолистых почв Ленинградской области.

Объекты исследования – целинные и окультуренные дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава (супесчаные, средне-суглинистые и тяжелосуглинистые). Целинные и окультуренные варианты каждой почвенной разности представляют почвенные аналоги. Длительность наблюдений в настоящее время составляет от 25 до 40 лет, периодичность обследования почв агрогенных ландшафтов от 1 года до 5 лет, естественных ландшафтов от 1 года до 10 лет. Все окультуренные почвы до реформ 90-х годов прошлого столетия отличались высокой степенью окультуренности. Образцы почв с мониторинговых площадок отбирались в первой декаде октября в 4-кратной повторности. В индивидуальных образцах почв проводилось исследование комплекса наиболее информативных показателей состояния гумуса.

Изучение современного состояния гумуса дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава Ленинградской области и анализ результатов многолетних наблюдений, полученных в рамках мониторинга их гумусового состояния, позволили оценить направленность и интенсивность процессов гумусообразования.

Показано, что при ослаблении агрогенного воздействия даже в высоко окультуренных дерново-подзолистых почвах нарушается функционирование системы гумусовых веществ. Наблюдается дегумификация почв, в супесчаных и суглинистых почвах сопровождающаяся деградационными процессами. Трансформация органического вещества почв идет в направлении формирования наиболее устойчивого в данных биоклиматических условиях типа гумуса. Установлено, что за весь период наблюдений в супесчаной и суглинистой почвах в результате дегумификации потеряны более 30% исходных запасов гумуса и около 30% запасов гуминовых кислот, тип гумуса изменился с фульватно-гуматного на гуматно-фульватный.

В настоящее время темп дегумификации почв заметно снизился. Однако содержание гумуса с небольшими колебаниями в целом продолжает постепенно снижаться. Так, запасы гумуса в пахотном горизонте дерново-подзолистой суглинистой почвы за последние десять лет (2000–2010 гг.) уменьшились почти на 10%. Аналогичная направленность изменений фиксируются и по содержанию общего азота, отношение С к N расширяется, снижается степень гумифицированности органического вещества. Все это свидетельствует не только о продолжающемся постепенно процессе дегумификации почв, но и о наблюдаемой в данный период деградации гумуса. Подобная картина характерна и для супесчаной почвы, но весьма слабо выражена в почве тяжелого гранулометрического состава.

В отличие от почв агроэкосистем гумусовое состояние целинных дерново-подзолистых почв полностью соответствует типовой принадлежности и характеризуется как динамически равновесное. Процесс дегумификации не выявлен ни в одной из исследованных целинных дерново-подзолистых почв, что свидетельствует об относительной устойчивости их гумуса на протяжении 20-тилетнего периода наблюдений (1987–2006 гг.).

Таким образом, проведенные мониторинговые исследования достоверно показали устойчивость системы гумусовых веществ целинных дерново-подзолистых почв в современных условиях и ее нестабильность в окультуренных почвах, результатом чего является низкая экологическая устойчивость почв агроландшафтов Ленинградской области в целом.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАСПАШКЕ ЗАЛЕЖИ

Платонычева Ю.Н., Полякова Н.В., Берчук А.В.

ФГБОУ НГСХА, Нижний Новгород, root@agri.sci-nnov.ru.

В период перестройки экономической политики из пахотного фонда Нижегородской области было выведено около 500 тыс. га, из них в лесостепном Правобережье около 200–250 тыс. га приходится на наиболее ценные по плодородию серые лесные почвы. Данные участки вошли в категорию залежных земель, возраст которых составляет от 8 до 15–20 лет. Аграрная политика, направленная на развитие АПК Нижегородской области, обусловила возврат части залежных земель, слабо заросших древесно-кустарниковой растительностью, в сельскохозяйственное производство. Целью работы было установить интенсивность процессов минерализации – гумификации в почвах после вывода их из сельскохозяйственного оборота, а также после распашки залежи для прогноза изменения их плодородия во времени. Исследования проводились на светло-серых лесных почвах; в качестве объектов были выбраны участки леса, пашни и залежи 15 лет, а также участок луговой залежи 20 лет, распаханной разными способами в условиях полевого опыта.

Содержание гумуса в почве 15-летней залежи составляет 2,5% с долей подвижного углерода в составе органического вещества 16–19% против 22% в почве пашни, содержащей 1,9% гумуса. Изменение гумусового состояния почв затрагивает, прежде всего, содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ), количество которого на залежи (0,69%) более чем в 2,0 раза выше по сравнению с пашней (0,30%) в основном за счет увеличения емкости биологического круговорота и сужения соотношения (КАА/МПА) в структуре бактериального пула, связанного с увеличением доли бактерий, используемых органические формы азота (синтезируемые на МПА) с 1,8 (на пашне) до 3,1 (на залежи) млн в 1 г. сухой почвы при равном содержании бактерий-аминоавтотрофов (на КАА). Численность грибной микрофлоры в почвах залежи выше по сравнению с пашней в 1,3 раза, но остается ниже, чем в почвах леса (1,6 против 2,3 тыс. в 1 г. сухой почвы). Корреляционный анализ показал тесную зависимость численности бактерий-аминогетеротрофов и микроскопических грибов от содержания гумуса ($r=0,89$ и $0,73$) и ЛОВ ($r=0,86$ и $0,64$) в почвах пашни и залежи.

Распашка залежных земель и включение их в сельскохозяйственное использование создают разомкнутый баланс органического вещества, так как

усиливающиеся процессы аэрации и смена видового и количественного состава растительности способствуют интенсивной минерализации органического вещества, в том числе собственно гумуса. Нами установлено, что уже через год после распашки, не зависимо от способа обработки залежи (вспашка на глубину 16, 21, 27 см и поверхностные обработки на 12 см), содержание гумуса в светло-серой лесной почве снизилось с 2,5 до 1,9–2,1%, а доля подвижных фракций углерода возросла с 22 до 28–30%. Еще более существенному изменению подвергается ЛОВ, содержание которого уменьшилось после распашки в 3,2–4,1 раза (с 1,5 до 0,4–0,5%), указывая на первостепенное разложение не консервативных форм органических веществ, а легкоразлагаемых компонентов типа детрита. Одной из причин резкого снижения гумуса и ЛОВ являются существенные изменения в структуре микробного ценоза залежи после ее распашки. В составе бактериальной микрофлоры увеличилось количество аминоавтотрофов в 1,1–1,9 раза (с 3,8 до 4,3–7,1 млн) при снижении численности бактерий – аминотеротрофов с 4,6 до 2,5–4,5 млн в 1 г. сухой почвы. На активизацию процессов разложения органических компонентов почв указывает и рассчитанный нами коэффициент минерализации и иммобилизации (КАА/МПА), значения которого увеличились с 0,8 до 1,4–1,8 после распашки залежи. Через два года содержание различных групп бактерий на пашне относительно стабилизировалось на уровне 2,5–3,0 млн, процессы минерализации органического вещества начали замедляться, значения коэффициента минерализации при этом снизилось до 0,9–1,0, а доля подвижных фракций углерода в составе гумуса уменьшилась до 22%.

УДК: 631.417.2; 58.08.05

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИЙ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, РАЗЛИЧАВШИХСЯ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ, НА МИТОТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС КЛЕТОК КОРНЕВЫХ АПЕКСОВ ГОРОХА

Попов А.И., Вишняков А.Э., Кокшарова А.А., Кравцов А.А.

СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: paihumic@gmail.com

Введение.

Одним из важных свойств гуминовых веществ (ГВ) является их биологическая активность. Действие ГВ на рост и развитие растений, на наш взгляд, связано с тем, что они, попадая в растения, участвуют в различных биохимических и биофизических процессах. Для того чтобы повысить эф-

фektivность некорневой обработки растений растворами ГВ необходимо выделить фракции, обладающие наибольшим биологическим эффектом. В научной литературе данный вопрос практически не разработан.

Цель исследований – оценить влияние разных концентраций фракций ГВ, отличающихся агрегативной устойчивостью при разных величинах рН, на митотический индекс (МИ) клеток корневых апексов гороха (*Pisum sativum* L.).

Объекты и методы исследования.

В качестве объекта исследований были использованы ГВ, которые были выделены щелочным пиродифосфатным раствором (Кононова, Бельчикова, 1961) из вермикомпоста. Разделение ГВ на фракции, различающиеся по агрегативной устойчивости в зависимости от кислотности среды, проводили методом сорбционной хроматографии. В качестве сорбента ГВ использовалась капроновая кислота, десорбция проводилась серией буферных растворов. Были получены 6 фракций ГВ, различавшихся по агрегативной устойчивости при разных значениях рН: 3, 5, 7, 9, 11 и 13. Растворы ГВ очищали от неорганических соединений, нейтрализовали до рН ~ 7, затем разбавляли дистиллированной водой до концентрации 0,01 и 0,001 мг С/мл. То есть оценивалась биологическая активность растворов ГВ оптимальной и повышенной концентраций. Как известно (Христева, 1951), растворы ГВ с 0,001 мг С/мл обладают наибольшим стимулирующим рост и развитие растений эффектом.

Объектом для оценки влияния растворов ГВ на МИ, нами был выбран горох (*Pisum sativum* L.). В экспериментах корневые апексы проростков гороха в течение 24 часов обрабатывали водными растворами полученных фракций и исходным раствором ГВ, а также половинным раствором Мурасиге-Скуга (МС) и его смесью с исходным раствором ГВ в соотношении 1:1. Контролем служили корни проростков гороха, выращенные на дистиллированной воде. Митотический индекс определяли по стандартной методике. Для каждого варианта опыта было проанализировано не менее 1500 клеток.

Результаты исследований.

Растворы ГВ оптимальной концентрации (0,001 мг С/мл).

Питательный раствор МС и его смесь с исходным раствором ГВ оказывали значимого влияния на МИ апикальных клеток по сравнению с контролем. Исходные растворы ГВ достоверно увеличивали (примерно в три раза) величину МИ по сравнению с водой. Относительно эффекта исходного раствора ГВ наибольшим стимулирующим влиянием на митоз клеток гороха обладали фракции ГВ, агрегативно устойчивые при значениях водородного показателя равных 9, 7, 5 и 3. При этом максимальной биологической активностью обладала фракция ГВ, агрегативно устойчи-

вых при pH ~ 3. Эта фракция в три раза сильнее стимулировала митоз, по сравнению с исходным раствором ГВ той же концентрации.

Растворы ГВ повышенной концентрации (0,01 мг С/мл).

Исходный раствор ГВ и раствор МС, а также их смесь не оказали существенного влияния на МИ клеток по сравнению с контролем. Фракция ГВ, агрегативно устойчивая при pH ~ 11, проявила наибольший стимулирующий эффект, – величина МИ по сравнению с контролем была выше приблизительно в три раза. Гуминовые вещества, агрегативно устойчивые при pH равном 7 и 13, тоже оказали достоверное положительное влияние на величину МИ. Остальные фракции ГВ не оказывали значимого биологического влияния.

УДК 631.4:630.114.354:630.114.441.2

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ГУМУСА В ДЕРНОВО-НЕГЛУБОКОПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Попова Т.В.

*ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь,
Popova30Tania@yandex.ru*

Гумусное состояние почв обеспечивает плодородие и возможность выполнения почвами экологических функций. В результате антропогенного воздействия на почву (например, приемы окультуривания) происходят изменения агрофизических, агрохимических, физико-химических свойств почв, качества и содержания гумуса.

Цель исследования – определить групповой состав гумуса и его внутреннюю энергию в почвах разной степени укультуренности. Объектами исследования были дерново-неглубокоподзолистые тяжелосуглинистые почвы на разных видах угодий: целина (хвойный лес), пашня (использование 83 года), залежь (время прекращения антропогенного воздействия составляет 15 лет). Исследуемая территория, согласно геоботаническому районированию, расположена в районе южно-таежных пихтово-еловых лесов, а по почвенному районированию Пермского края – в зоне дерново-подзолистых почв, в Кудымкарско-Чермозском районе дерново-сильно- и среднеподзолистых тяжелосуглинистых почв. Групповой состав гумуса определяли пиррофосфатным экспресс-методом Кононовой и Бельчиковой, энергетические запасы гумуса определяли в 0–100 см слое почвы по формуле, предложенной В.А. Ковдой.

Содержание гумуса в целинной почве под лесом соответствует очень низкому уровню (1,12%), а в залежной почве – низкому (2,2%). Системати-

ческое внесение органических удобрений и извести в течение ряда лет на пашне привело к изменению содержания гумуса (3,2%). Максимальное количество углерода, переходящего в вытяжку отмечается в целинной почве (96,2%), что указывает на преобладание в составе гумусовых веществ растворимых подвижных форм. Освоение дерново-подзолистых почв привело к снижению растворимых форм гумусовых веществ и повышению стабилизирующей части гумуса (негидролизуемого остатка НО). Эти изменения привели к смещению типа гумуса от фульватного на целине к гуматно-фульватному на пашне в окультуренной дерново-неглубокоподзолистой почве. Таким образом, окультуривание почв привело к улучшению их гумусного состояния: содержание фульвокислот уменьшилось с 78,4% на целине до 27,4% на пашне; значительно (в разы) возросла доля консервативной части гумуса (содержание НО повысилось до 54,5% на пашне против 3,8% на целине). Следует отметить, что количество гуминовых кислот в целинной почве (17,9%) не уступает их содержанию на пашне (18,1%). При исключении почвы из хозяйственного оборота положительные изменения в составе гумуса постепенно утрачиваются. В целом, для исследуемых дерново-неглубокоподзолистых почв характерно преобладание фульвокислот в составе гумуса. В дерново-неглубокоподзолистой почве залежи отмечается повышенное содержание растворимых гумусовых веществ (до 60%) при снижении содержания углерода гуминовых кислот, углерода НО и повышении углерода фульвокислот. Степень гумификации составляет на: целине, пашне 18%, залежи 15% и характеризуется как слабая.

Основным энергетическим регулятором почвенных процессов является органическое вещество почвы. Энергия, связанная с гумусом, оказывает непосредственное влияние на устойчивость и продуктивность агроландшафтов и может служить одним из критериев оценки плодородия почв. Запасы гумуса в дерново-неглубокоподзолистых почвах очень низкие и составляют в целинной почве 63,9 т/га в метровом слое почвы, на пашне – 139,0 т/га, в залежи – 98,6 т/га. Аналогично запасам гумуса возрастает и энергия гумуса исследуемых почв. Наибольшая величина энергии гумуса отмечается в окультуренных дерново-неглубокоподзолистых почвах ($7,64 \cdot 10^4$ ккал/м²). Залежное состояние окультуренных дерново-подзолистых почв привело к падению общего содержания гумуса и соответственно его энергии ($5,42 \cdot 10^4$ ккал/м²), хотя в сравнении с целинной почвой ($3,51 \cdot 10^4$ ккал/м²) внутренняя энергия гумуса выше. Это свидетельствует об утрате ряда свойств почвами за время их залежного состояния.

Таким образом, гумусное состояние и внутренняя энергия гумуса изменяются в дерново-неглубокоподзолистых почвах в зависимости от вида использований угодий.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ГУМИФИКАЦИИ, МИКРОФЛОРУ И ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЗЕМОВ ПРИМОРЬЯ

Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Костенков Н.М.¹, Ващенко А.П., Брагина В.В.²

¹Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Purtova@ibss.dvo.ru,

²Приморский НИИСХ Россельхозакадемии, Уссурийск, fe.smc_rf@mail.ru

Использование минеральных удобрений и гербицидов, из-за воздействия их на микрофлору, изменяет процессы трансформации органического вещества. Это, в свою очередь, отражается на стадийности протекания процессов гумификации, показателях гумусного состояния и энергетических параметрах почв, таких как запасы энергии, связанной с содержанием гумуса. Происходящие изменения в интенсивности протекания разных стадий гумификации в почвах агрогенных ландшафтов, по предложению М.Ф. Овчинниковой, предлагается оценивать по количественному соотношению гуминовых и фульвокислот кислот («свободных» и связанных с Ca^{2+}). Основная цель работы – исследование изменений в стадийности протекания процессов гумификации, гумусово-энергетических показателей и деятельности микрофлоры в агроземах Приморья при применении минеральных удобрений и обработке посевов сои гербицидами. Объектом изучения являлись агроземы темногумусовые, составляющие основной пахотный фонд Приморского края. Опыты проводились на полях Приморского НИИСХ в специально заложенном полевом опыте в посевах сои по схеме: контроль с обработкой сои гербицидами пульсар+ пивот (в дозе 0,5 кг/га, 0,4 кг/га); 2 – гербициды в той же дозе пульсар+пивот (0,9 кг/га) в сочетании с минеральными удобрениями N30P60K30 (общепринятая норма); 3 – пульсар + пивот (0,9 кг/га) с применением минеральных удобрений N60P120K60 (удвоенная норма); 4. соя + рожь, (посев сои в озимую рожь весеннего посева) без обработок и применения минеральных удобрений. Результаты исследований установлено: содержание гумуса во всех исследуемых вариантах опыта, согласно оценочным показателям предложенных Д.С. Орловым с соавторами находилось на уровне ниже средних значений (4,06–4,40%). Энергозапасы почв, связанных с содержанием гумуса, низкие (427,8–469,6 млнккал/га). Отличительная черта гумусового профиля почв – преобладание гуминовых кислот в гумусово-аккумулятивных горизонтах и фульвокислот в нижней части профиля. Некоторое увеличение содержания гумуса, по сравнению с контролем, установлено

на вариантах 2 и 4. При внесении оптимальной дозы минеральных удобрений резко возросло, до уровня выше средних значений, содержание водорастворимого углерода. На этом варианте установлено повышенное содержание аммонифицирующих микроорганизмов, использующих свежее органическое вещество. В системе гумусовых веществ почв, во всех исследуемых вариантах преобладали гуминовые кислоты, связанные с Ca^{2+} . Их содержание соответствовало уровню высоких значений, тогда как «свободных» гуминовых кислот оставалось низким. При двойной дозе минеральных удобрений установлено явное усиление стадии полимеризации и конденсации гуминовых кислот. На варианте 4, резких изменений в показателях гумусового состояния почв не наблюдалось. Тип гумуса не изменялся, оставаясь фульватно-гуматным во всех исследуемых вариантах. Таким образом, установлено, что существенных изменений в показателях гумусового состояния в пахотных горизонтах почв в исследуемых вариантах не происходит. Некоторые различия наблюдаются в стадийности протекания процессов гумификации. Более равновесное состояние развития процесса гумификации складывается при внесении оптимальной дозы минеральных удобрений (вариант 2). Посев сои в озимую рожь весеннего посева ведёт к интенсивному развитию микрофлоры и, как следствие, к усилению минерализации органического вещества и снижению уровня потенциального плодородия почв.

УДК 631.417.95(075.8)

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ВЕРМИКОПОСТОВ

Раскатов В.А.¹, Черников В.А.¹, Касатиков В.А.²

¹РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, raskatovv@list.ru;

²ВНИИОУ Владимирская область, victor@kasatikov.elcom.ru

К настоящему времени российскими и зарубежными исследователями накоплен обширный экспериментальный материал, свидетельствующий о положительном влиянии на растения гумусовых веществ (ГВ), составляющих основную фонд органической части почвы. Известно, что ГВ оказывают стимулирующее действие на развитие растений, способствуют эффективному поступлению и усвоению растениями макро- и микроэлементов почвы и удобрений, повышают численность микроорганизмов в ризосфере растений (актиномицетов, бактерий).

В качестве исходного сырья для получения гумусовых веществ могут быть использованы вермикопосты полученные на основе навоза

крупного рогатого скота (КРС) и осадков сточных вод (ОСВ). Для изучения влияния гумусовых препаратов, полученных из разных видов вермикомпостов, на урожай зерновых культур нами был заложен полевой мелкоделяночный опыт. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчанная. Размер делянок 1,0 м · 1,5 м. Повторность опыта – пятикратная. Исходная агрохимическая характеристика $A_{\text{пах.}}$: $pH_{\text{сол.}}$ – 4,8; N_T – 2,03; сумма поглощенных оснований – 5,72 мг-экв./100 г почвы; содержание подвижных форм фосфора и калия, соответственно, 9,58 и 5,23 мг/100 г почвы. Биологически активные вещества (гуматы) извлекались из вермикомпостов 0,1н NaOH, в течение 24 часов, при комнатной температуре. В полученных экстрактах устанавливалось содержание гуминовых кислот, осажденных 1н H₂SO₄. В дальнейшем готовились растворы для опытов заданной концентрации (0,001%; 0,0005% по ГВ).

Гуминовыми веществами обрабатывали семена ячменя (сорт Зазерский) перед посевом (10 мл/кг) и проводили внекорневую обработку (опрыскивание) вегетирующих растений в фазу кущения. Расход гумата натрия составил 0,1 л на 1 м².

Выявлен факт уменьшения отрицательного эффекта повышенных доз минерального азота при внесении в качестве биостимуляторов ГВ. Просмотр образовавшихся пленок проводили на РЭМ BS-300 (ЧССР) при увеличениях 3–10 тыс. Следует отметить, что с помощью РЭМ смогли наблюдать поровые пространства (микропористость) диаметром более 20 нм. Поры составляют 80–90% общей поверхности. Большинство пор имеют сглаженные края («оплавленные» стенки), которые образовались, вероятно, в результате быстрого усыхания наносимых растворов. На отдельных микрофотографиях отмечаются участки с порообразованием из сросшихся глобул с полидисперсным распределением по размерам. При растекании растворов на поверхности листьев происходит вытягивание материала, что приводит к возникновению фибриллярной структуры с крупными порами. В лабораторных опытах было установлено, что водные растворы данных соединений с концентрацией 0,0005%–0,08% образуют пористые пленки толщиной 300–600 нм. На поверхности плёнкообразующей массы встречаются тонкие, мельчайшие, со слегка изогнутыми краями микроструктуры, различающиеся по форме и размерам. На растровых фотографиях отчетливо видны изолированные агрегаты, листовидные и чешуйчатые структуры. Поверхность большинства структурных агрегатов волокнистая с острыми извилистыми краями. Они расположены беспорядочно, что обуславливает рыхлое сложение всей поверхности препарата ГВ.

**СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА, АЗОТА И ОТНОШЕНИЕ С:N
В ПОЧВАХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОЯСОВ ЮЖНЫХ ОТРОГОВ
ГИССАРСКОГО ХРЕБТА**

Раупова Н.Б., Махсудов Х.М., Ходжимурадова Н.Р., Болтаев И.Б., Саманов Ш.,

ТАШГАУ, Ташкент, nodirahon69@mail.ru

Нами было исследовано содержание гумуса и азота по профилю основных подтипов сероземов. Учеными доказано, что прямой параллельности между количеством гумуса и запасом корней в различных типах почв нет. Малая гумусность сероземов объясняется не только незначительным поступлением органических остатков и высокой интенсивностью их разложения, но и тем, что в них слабо происходит закрепление гумусовых веществ в виде органо – минеральных соединений.

На основании анализа своих данных Н.П. Ремезов (1993) отметил низкое содержание гумуса в сероземах и высказал мысль о характерных для различных почв закономерностях в отношении С:N. По его данным наименьшая величина этого отношения отмечается для сероземных почв (4–6) и повышается в сторону северных почв.

Полученные данные показывают, что содержание гумуса в целинных светлых сероземах в слое 0–10 см колеблется в пределах 1,20–1,75%. Вниз по профилю наблюдается уменьшение количество гумуса и азота. Отношение С:N в слое 0–10 см составляет 7,2, вниз по профилю оно суживается и в нижних горизонтах это отношение составляет 6,8–6,4. Очевидно, подобное явление объясняется малым количеством новообразованных гуминовых веществ в нижних слоях почвы.

В орошаемых светлых сероземах на ирригационных наносах в результате орошения происходит перераспределение гумуса по профилю почвы. Вниз по профилю орошаемых сероземов на ирригационных наносах наблюдается очень плавное и равномерное уменьшение содержание гумуса и азота. Это очевидно происходит за счет частичного вымывания воднорастворимых гумусовых веществ, что создает сравнительно плавную кривую распределение гумуса и азота по профилю почвы.

Типичные сероземы по своему внешнему виду мало отличается от типичные сероземы по своему внешнему виду мало отличается от светлых. По характеру распределения гумуса и азота по профилю почвы особенно не отличаются от светлого серозема отношение С:N в типичных сероземах несколько шире. В целинном типичном сероземе содержание гумуса и азота больше, чем в богарных пахотных почвах, отношение С:N в последних несколько су-

живается. Очевидно в течение длительного периода богарного земледелия происходит разложение не только растительных остатков, но и минерализация гумуса почв, что характерно для почв зоны богарного земледелия.

Содержание гумуса и азота в темном сероземе, по сравнению с обыкновенным, заметно больше. В верхнем слое почвы оно увеличивается до 2,65%, иногда в целинных сероземах до 4,24%. С увеличением количества гумуса и азота отношение С:N расширяется до 8,6. При орошении и освоении в темных сероземах также снижается содержание гумуса в верхнем слое почвы до 1/0. На основе данных содержания гумуса и азота в сероземах с учетом объемного веса почвы нами подсчитаны запасы их в основных подтипах на гектар для 0–30, 0–100, 0–200 сантиметровой слоя почвы.

Запасы гумуса и азота в почвах южных отрогов Гиссарского хроста подчиняется закону зональности и зависят от экологии гумусообразования. В светлом сероземе запасы гумуса и азота в слое 0–30 см достигают 49,11, 4,26 т/га соответственно, что составляет более 50% от всего количества в метровой толще. Тот же подтип почв на ирригационных наносах обладает меньшими запасами гумуса и азота в слое 0–30, см по сравнению с целинным. От светлого целинного серозема к типичному и темному сероземам наблюдается последовательное увеличение запасов гумуса до 152,8 и 228,7 т/га, азота 13,34 и 16,2 т/га соответственно.

В орошаемых почвах наблюдается уменьшение этих показателей, особенно в верхнем слое. Очевидно, процессы минерализации гумусовых веществ главным образом бурно протекают в более биологически активном слое почвы, что ведет в рядовому снижению запасов гумуса и азота.

УДК 631.4

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

Родичева Т.В.¹, Авад Раед Авад², Стекольников К.Е.³, Донских И.Н.¹.

¹*С-Петербургский государственный аграрный университет, smee@list.ru;*

²*Сирийская арабская республика;*

³*Воронежский государственный аграрный университет, Воронеж*

Изучение влияния различных систем удобрения на содержание лабильных гумусовых веществ проводилось на основе длительного стационарного опыта, заложенного в 1987 году на опытном поле кафедры

агрехимии Воронежского аграрного университета. Опыт состоит из 15 вариантов. Мы включили в программу исследований 6 вариантов: 1. Контроль без удобрений; 2. Фон – 40 т/га навоза за ротацию севооборота или 6,6 т/га ежегодно; 3. Фон + N60P60K60 ежегодно; 4. Фон + N120P120K120 ежегодно; 5. Фон + дефекат 28 т/га, внесённый один раз за ротацию; 6. Дефекат + N60P60K60 ежегодно. Для сравнения исследовалась целинная чернозёмная почва, участок которой примыкает к опыту. В опыте возделываются следующие культуры в севообороте: пар чистый – озимая пшеница – сахарная свёкла – вико-овсяная смесь (однолетние травы) – озимая рожь – ячмень. С 1987 года прошло 18 лет. Отбор образцов произведён в 2004–2005 годах. Лабильные гумусовые вещества определялись по методу И. В. Тюрина в модификации Б. М. Когута и Л. Ю. Булкиной (1987). Содержание лабильных гумусовых веществ, извлекаемых 0,1NNaOH, наиболее высокое (366–388 мг С на 100 г почвы) в слое 20–40 см почв данных вариантов. Несколько меньшими показателями количества данной группы подвижных соединений гумуса (304–347 мг С на 100 г) характеризуется горизонт 0–40 см. почвы контрольного варианта. Содержание лабильной группы соединений органического вещества в слое 0–40 см целинного чернозёма равно 269–202 мг С на 100 г. Выход данной группы соединений в этом слое почв вариантов, в которых испытывался дефекат, снижен до 258–224 мг на 100 г. Количество лабильных соединений в слое 40–60 см снижено до 111–142 мг С на 100 г в почвах всех изучаемых вариантов. Ещё более низкий выход этих соединений (26–62 мг С на 100 г почвы) наблюдается в горизонтах 60–80 и 80–100 см. Примерно в такой же последовательности изменяются показатели относительной доли лабильных соединений в составе гумуса. Она наиболее высокая (18,58–21,55%) в слое 0–40 см почв вариантов, в которых испытывались органогано-минеральные системы удобрения. Значительно меньшие показатели относительного содержания данной группы соединений характеризуют горизонт 0–40 см (14,7–15,6%) почв контрольного и фонового вариантов, а в почвах вариантов, в которых испытывался дефекат, эти показатели снижены до 10,33–14,00%. Самыми низкими показателями относительного содержания лабильного гумуса характеризуется верхний слой (0–40 см) целинного чернозёма – 7,15–7,53%.

СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ

Рудометкина Т.Ф., Федотов Г.Н.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, gennadiy.fedotov@gmail.com

В настоящее время общепризнано, что почвенные коллоиды в виде гелей покрывают и связывают почвенные частицы между собой, обеспечивая существование почвы как системы с определенным набором свойств. Причем почвенные гели рассматривают как армированный различными частицами студень гумуса.

Следует отметить, что при этом подходе гумусовый студень воспринимали как некую однородную субстанцию – матрицу, вмещающую минеральные частицы. Однако подобные модельные представления противоречили современным данным о поведении полимерных систем и требовали уточнения.

Целью работы было изучение структурной организации органической составляющей почвенных гелей.

В работе использовали образцы зональных почв из коллекции факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова: подзол иллювиально-железистый, подзолистая, дерново-подзолистая и серая лесная почвы, черноземы различных типов, светло- и темно-каштановая почвы, бурая полупустынная почва, серозем и краснозем.

Исследование самих почв и почвенных гелей, выделенных из почв, при помощи электронного и туннельного микроскопов показало, что почвенные гели состоят из образований размером от многих десятков до нескольких сотен нанометров.

Сравнение этих данных с результатами, полученными при исследовании коллоидной составляющей почв при помощи просвечивающего электронного микроскопа, почвенных гелей при помощи растрового электронного микроскопа, а также при изучении растворов гумусовых веществ (ГВ) методами фотон-корреляционной спектроскопии и малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН) позволяет сделать вывод, что это – органические образования.

На изображениях, полученных на туннельном микроскопе заметно, что наблюдаемые образования состоят из более мелких частиц, размеры которых варьируют для почв различных типов, составляя для чернозема 8–12 нм и для дерново-подзолистой почвы 2–5 нм.

Таким образом, органическая матрица почвенных гелей состоит из образований размером от многих десятков до нескольких сотен нанометров,

которые, в свою очередь, возникают при объединении первичных частиц ГВ размером несколько нанометров.

Представления о структурной организации первичных частиц ГВ в более крупных образованиях (будем в дальнейшем называть их кластерами) размером от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров можно получить, сравнивая данные по изучению растворов ГВ и почв методом МУРН. В обоих случаях отмечали фрактальную организацию как кластеров ГВ в растворах, так и коллоидной составляющей почв.

Гумусовые вещества в течение длительного времени воспринимали как набор макромолекул, и с этих позиций почвенные гели надо было бы воспринимать как системы, основой которых являются фрактальные кластеры из макромолекул. Однако в последнее десятилетие за рубежом появились и стали общепринятыми новые, принципиально иные подходы к строению ГВ. Там отвергаются существующие традиционные представления о том, что ГВ имеют полимерную природу. Показано, что ГВ – ассоциаты относительно низкомолекулярных компонентов, возникающих при деградации и разложении биологического материала, динамически объединенных и стабилизированных, в основном, слабыми связями.

Существование в растворах выделенных из почв ГВ в виде супрамолекулярных соединений позволяет сделать вывод, что и в почвенных гелях должны существовать не макромолекулы, а супрамолекулярные образования. В противном случае макромолекулы, образованные более прочными ковалентными связями, сохранились бы в растворах ГВ, выделенных из почв.

Все вышеизложенное позволяет выделить несколько уровней организации ГВ в почвенных гелях и в почвах:

1. Молекулы низкомолекулярных веществ, образующиеся в результате распада поступающих в почвы биологических остатков.
2. Супермолекулы гумусовых веществ.
3. Фрактальные кластеры из супермолекул гумусовых веществ.
4. Почвенные гели, возникающие при объединении фрактальных кластеров супермолекул гумусовых веществ.

АБИОТИЧЕСКИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК ФАКТОР МОБИЛИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Семенов В.М., Тулина А.С., Семенова Н.А.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуцино, semenov@ibbp.psn.ru*

Органическое вещество (ОВ) почвы представляет собой полифункциональный, разновозрастный, многокомпонентный континуум деструктурированных остатков биоты, корневых выделений, микробной биомассы, биомолекул и гуминовых веществ со временем существования от нескольких часов и суток до тысячелетий. По степени химической лабильности, характеру распределения в конгломерате минеральных частиц, способности к трансформации и доступности почвенным микроорганизмам ОВ почвы подразделяется на нестабилизированное (незащищенное) и стабилизированное (защищенное). В результате нарушающих воздействий некоторые компоненты почвенного ОВ утрачивают свою химическую и биологическую защищенность, разрушаются физические барьеры между микроорганизмами и субстратами, из-за чего субстраты становятся трофически доступными или пространственно достигаемыми для микроорганизмов. Абиотическая дестабилизация защищенного ОВ почвы может быть ключевым этапом его трансформации, предшествуя минерализации микроорганизмами.

Целью исследований было оценить роль абиотических нарушающих воздействий в дестабилизации ОВ почв природных и сельскохозяйственных экосистем. Образцы серой лесной почвы и типичного чернозема, отобранные под лесом и в агроценозах, подвергали растиранию до размера частиц < 1 мм и < 0.25 мм, либо последовательно быстрому высушиванию \rightarrow увлажнению \rightarrow инкубации \rightarrow резкому замораживанию \rightarrow интенсивному оттаиванию \rightarrow инкубации. В течение 140 суток опыта проведено шесть повторяющихся циклов нарушающих воздействий. Учитывали скорость продуцирования С-СО₂ до и после каждого воздействия. Контролем служили образцы почв, инкубируемые при постоянных условиях температуры и влажности. Механическая дезагрегация почвы повышала доступность ОВ микроорганизмам в течение двух-трех недель, но не приводила к значительному увеличению содержания потенциально-минерализуемого углерода (С_{пм}). Характерным было упрощение структуры активного пула ОВ целинных почв, в составе которого обнаруживались

лишь легко- ($k1 > 0.01 \text{ сут}^{-1}$) и трудно-минерализуемые ($k3 > 0.001 \text{ сут}^{-1}$) фракции, как это свойственно пахотным почвам. Многократно чередующиеся циклы высушивания – увлажнения и замораживания – оттаивания оказывали сильное дестабилизирующее действие на ОВ почв, инициируя резкие, но краткосрочные пики увеличения скорости выделения С-СО₂. По мере снижения обеспеченности почв минерализуемым органическим веществом мобилизующий эффект нарушающих воздействий ослабевал. Высушивание-увлажнение инициировало более активное продуцирование С-СО₂ серой лесной почвой и типичным черноземом, чем замораживание-оттаивание. В течение шестикратного повторения циклов нарушающих воздействий минерализационные потери ОВ почв были в 1.5–2.5 раз выше, чем при постоянных условиях инкубации. Длительная реинкубация дестабилизированных образцов при постоянных условиях показала, что содержание С_{пм} в почвах после шести циклов нарушающих воздействий оказалось в 2.6–3.8 раз ниже, чем до нарушающих воздействий, интенсивность минерализации ОВ уменьшилась в 5.8–9.5 раз, а размеры минерализуемого пула ОВ целинных почв оказались даже меньше, чем в пахотных почвах, не подвергающихся таким воздействиям. Результаты исследований свидетельствуют, что в результате механической деагрегации и многократно чередующихся явлений высушивания – увлажнения и замораживания – оттаивания почвы происходит мобилизация защищенного ОВ и увеличение его доступности почвенным микроорганизмам.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 11-04-00364-а.

УДК 631.417

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Семёнова Л.А., Щеглов Д.И.

*Воронежский государственный университет, Воронеж,
semionova.lyud@yandex.ru*

С конца 50-х годов прошлого столетия во многих районах лесостепи и степи заметно стали проявляться процессы олуговения почв, и относительно стабильно наметился подъём уровня грунтовых вод. Это привело к нарушению сложившегося баланса почвообразования, изменению водного, воздушного, окислительно-восстановительного режимов, карбонатно-кальциевого равновесия, гумусового состояния и др. Целью исследования было выявление изменений показателя

телей гумусового состояния почв в условиях дополнительного увлажнения. Объектами послужили чернозёмы и агрочернозёмы сегрегационные, чернозёмы и агрочернозёмы гидрометаморфизованные, гумусово-гидрометаморфические и агрогумусово-гидрометаморфические типичные почвы Каменной степи Воронежской области. Разрезы закладывались комплексно сопряжёнными по рельефу катенами. Исследования показали, что мощность гумусового профиля, содержание и запасы гумуса имеют заметные различия в исследуемом ряду почв. Чернозёмы сегрегационные характеризуются высоким содержанием гумуса (8–9%) и среднемощным гумусовым профилем (70 см). В отличие от них в полугидроморфных почвах уменьшается количество валового гумуса (7,7%) на фоне более плавного снижения его с глубиной (80 см). Гумусово-гидрометаморфические типичные почвы характеризуются наименьшим количеством в исследуемом ряду (6,3%), при заметно меньшей мощности гумусового профиля (60 см). Наибольшими запасами гумуса характеризуются полугидроморфные почвы (498 т/га), далее следуют автоморфные (456 т/га) и гидроморфные (356 т/га). Это объясняется увеличением плотности сложения при нарастании увлажнения и специфической условий гумусообразования в исследуемых почвах. При распашке различия между изучаемыми типами почв нивелируются. Количество гумуса во всех типах составляет 6,3–6,9%, величина запасов 432–467 т/га, мощность гумусового профиля достигает 70 см. Критерием оценки особенностей профильного распределения гумуса служит коэффициент регрессии гумуса с глубиной, максимальная величина которого характерна для сегрегационных (0,65), меньше он в гидрометаморфизованных чернозёмах (0,58) и самый низкий в гумусово-гидрометаморфических типичных почвах (0,43). При этом различия в агропочвах так же сглаживаются, коэффициенты регрессии сближаются (0,48–0,51). Это свидетельствует об изменении характера профильного распределения гумуса при распашке, что ещё раз подтверждает значимость естественных почв в исследовании генетических особенностей типов и показывает масштабы воздействия агрогенного фактора на трансформацию свойств агропочв. Содержание и профильное распределение лабильного гумуса так же трансформируются с ростом степени увлажнения почв. Более высокое количество подвижного органического вещества в верхних горизонтах отмечено в агрочернозёмах сегрегационных (0,76%), а более низкий процент характерен для агрогумусово-гидрометаморфических типичных почв (0,61%). Вниз по профилю содержание лабильного гумуса в автоморфных агропочвах однонаправлено и постепенно уменьшается, тогда как в полугидроморфных это снижение более заметно. В гидроморфных агропочвах содержание подвижного гумуса в средней и нижней частях гумусовой толщи не только не уменьшается, а имеет тенденцию к возрастанию. Повышенное содержание лабильного гумуса в средней части профиля полугидроморфных и гидро-

морфных типов может служить, по нашему мнению, одним из диагностических показателей гидроморфности. С ростом увлажнения в составе гумуса увеличивается количество фульвокислот, вследствие чего максимальная величина отношения $C_{\text{тк}}:C_{\text{фк}}$ отмечается в сегрегационных агрочернозёмах (3,4), меньше она в гидрометаморфизованных (2,3) и агрогумусово-гидрометаморфических типичных почвах (2,2). Так же отмечается некоторое увеличение количества водорастворимой формы гумуса. Это характерно как для почв залежи (от 0,05 до 0,07%), так и для агропочв (от 0,01 до 0,02%). Содержание и профильное распределение этой группы гумусовых веществ в определённой степени повторяет таковое валовой формы. При распашке его количество снижается во всех типах, что объясняется нарушением естественного динамического равновесия синтеза – распада органического вещества.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант №10-04-00014а.

УДК 631.46:631.58

МИНЕРАЛИЗАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РАЗНЫХ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫХ ФРАКЦИЙ ПОЧВЫ

Семенова Н.А., Тулина А.С., Семенов В.М.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушкино, gosvm@rambler.ru*

Минеральные частицы и органические компоненты могут находиться в почве дискретно или связанными в агрегаты – вторичные органно-минеральные комплексы, формирующиеся в результате перегруппировки частиц, участвующих в процессах стабилизации. Органическое вещество (ОВ) служит связующим материалом и ядром формирующихся агрегатов, а сами агрегаты считаются основным местом аккумуляции органического углерода (Сорг) в почве. Физическое предохранение ОВ, создаваемое его аккумуляцией в микро- и макроагрегатах, обеспечивается компартментацией субстрата и редуцентов, пространственной недостижимостью ОВ для микроорганизмов и ферментов, затрудненной диффузией кислорода и воды внутрь макроагрегата и особенно микроагрегата, инактивированием редуцентов условиями влажности и газообмена, вызванными структурным сложением почвы, пространственным разделением мест обитания микроорганизмов и микрофауны. В итоге, ОВ зачастую проявляет признаки стабильности, но не по причине исходной или приобретенной прочности, а из-за временной недоступности микроорганизмам.

Нами оценено содержание потенциально минерализуемого углерода (С_{пм}) в разных по размеру структурно-агрегатных фракций (10–5, 5–3, 3–1, 1–0.25 и < 0.25 мм) серой лесной почвы, выделенных сухим просеиванием. Основная масса почвы под лесом была представлена агрегатами размером 5–3, 3–1 и 10–5 мм. Для пахотной почвы, которая длительное время подвергалась сельскохозяйственной обработке, характерным было преобладание агрегатов размером 3–1 и 5–3 мм и повышенная, по сравнению с почвой лесного участка, доля мелких агрегатов 1–0.25 и < 0.25 мм. В отобранной под лесом почве наибольшее содержание Сорг обнаруживалось в агрегатах размером 3–1 мм, а в отобранной на пашне – в агрегатах 1–0.25 мм. В почвах обеих угодий менее всего Сорг содержалось в крупных отдельностях размером 10–5 мм. Если принять во внимание изменившееся по сравнению с ненарушенной почвой соотношение структурно-агрегатных фракций, то наибольшее обеднение пахотной почвы Сорг происходило за счет самых крупных структурных отдельностей размером 10–5 и 5–3 мм. В агрегатах такого размера в пахотной почве находилось соответственно в 2.7 и 2.5 раза меньше Сорг, чем в почве леса. Наибольшим содержанием С_{пм} в почве из-под леса характеризовалась фракция 1–0.25 мм (7.6% от Сорг), а в пахотной почве – фракция 3–1 мм (5.7% от Сорг). Обеднение структурно-агрегатных фракций пахотной почвы С_{пм} по сравнению с целинной почвой оказалось более значительным, чем валовым Сорг (соответственно в 2.5 и 1.9 раза). По вкладу в общий потенциально-минерализуемый фонд почвенного ОВ выделенные фракции образовывали следующие ряды: почва из-под леса – 5–3 > 3–1 > 10–5 > 1–0.25 > (< 0.25) мм, пахотная почва – 3–1 > 5–3 > 10–5 = 1–0.25 > (< 0.25) мм. На фракции 5–3 мм в почве леса и 3–1 мм в пахотной почве приходилось 42% от всего С_{пм}, тогда как на фракцию < 0.25 мм – 8–12%. Доля структурно-агрегатной фракции в массе почвы оказалась более существенным фактором обеспеченности почвы С_{пм}, чем его абсолютное содержание. Итак, одна из причин агрогенного обеднения пахотных почв ОВ состоит в уменьшении доли крупных структурно-агрегатных отдельностей, поскольку регулярные агротехнические воздействия на почву провоцируют дезагрегацию и препятствуют агрегации. Для поддержания оптимальной обеспеченности почвы С_{пм} должно поддерживаться сбалансированное соотношение структурно-агрегатных фракций, в том числе и крупных агрегатов, обогащенных макроорганическим веществом.

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проекты № 11-04-00364-а и № 11-04-00284-а.

ПОЧВЕННЫЕ ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ: НА ПУТИ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Трубецкой О.А.¹ и Трубецкая О.Е.²

¹Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино,
olegi03@yahoo.com

²Филиал Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова РАН, Пущино, olegi03@yahoo.com

Гуминовые вещества (ГВ), обязательные и стабильные компоненты природных сухопутных сред и водных источников, являются одним из главных и практически неисчерпаемых ресурсов органического углерода на планете. Однако до сих пор не существует единого мнения ни о механизмах образования, ни о базовых принципах строения ГВ. Долгое время предполагали, что ГВ представляют собой гетерогенную смесь рандомизированных гетерополимеров, молекулярная масса которых достигает 300 кД. Сравнительно недавно была выдвинута новая концепция их молекулярной организации, основанная на базовых представлениях супрамолекулярной химии, в соответствии с которыми ГВ представляют собой ансамбль органических молекул относительно небольших размеров, соединённых между собой нековалентными связями в стабильный устойчивый к деградации комплекс. Однако прямых экспериментальных данных в пользу последней теории до сих пор представлено не было.

На базе разработанного авторами оригинального метода электрофореза ГВ в сочетании с эксклюзивной хроматографией, из нескольких различных по генезису почв были выделены стабильные фракции гуминовых кислот (ГК), различающиеся по электрофоретической подвижности и номинальным молекулярным массам.

Проведено комплексное исследование полученных фракций ГК:

- а) методами С13- и Н1-ЯМР и пиролитической масс-спектроскопией после метилирования препаратов тетраметиламмонием
- б) анализом весового содержания аминокислот
- в) ИК-спектроскопией
- г) двумерной и трехмерной флуоресценцией
- е) методами гигантского комбинационного рассеяния и рассеяния рентгеновских лучей
- ж) методом анализа фотодegradационной активности при освещении естественным солнечным и искусственным монохроматическим или полихроматическим светом
- з) адсорбционной спектроскопией

и) высокоэффективной жидкостной хроматографией последнего поколения на колонке с обращенной фазой

Было показано принципиальное различие в физико-химических свойствах и содержании структурных компонентов, а также фотодеградационной активности между высоко- и низкомолекулярными фракциями. Методом многократной ультрафильтрации на мембране 5 кД в присутствии мочевины были получены данные, позволяющие предположить, что низкомолекулярные биологически активные флуоресцентные ароматические фракции ГВ соединены в супрамолекулярный комплекс с высокомолекулярным алифатическим нефлуоресцирующим кором с помощью нековалентных (предположительно водородных) связей. Полученные фундаментальные данные могут быть полезными для объяснения экологических функций ГВ в биосфере.

Работа выполнена на базе проекта CNRS – РАН №23962 и поддержана грантом РФФИ № 10-05-00243-а.

УДК 631:816:432

БИОКИНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИНЕРАЛИЗУЕМОГО ПУЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ К ИЗМЕНЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Тулина А.С., Семенов В.М.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Россия, Пушино, ATulina@yandex.ru*

Температура определяет скорость микробных процессов, поэтому для прогнозирования воздействия глобального потепления на минерализацию пулов почвенного углерода в качестве ключевого фактора выступает температурный отклик, или термочувствительность (ТЧ). Выявление индивидуальной ТЧ разложения различных субстратов затрудняется воздействием таких факторов, как физическая и химическая защищенность органического вещества, засуха, затопление и замораживание, которые занижают наблюдаемый температурный отклик. Каждый из этих факторов влияет на скорости разложения, прямо или косвенно, снижая концентрацию субстрата в местах ферментативных реакций. Изменения в составе или активности микробного сообщества под воздействием температуры могут изменить биохимические пути первичного использования субстрата, продуцирования вторичных материалов и их стабилизации. Существуют значительные разногласия в оценке ТЧ различных углеродных субстратов, что зна-

чительно затрудняет прогнозирование отдаленных последствий потепления климата. Чувствительность почвенного органического вещества (ПОВ) к изменению влажности изучено в гораздо меньшей степени, чем воздействие температуры. Исследователи, в основном, рассматривают влажность в связи с ее свойством лимитировать воздействие температуры. Однако увлажнение является самостоятельным фактором, влияющим на динамику органического углерода в почве, поскольку оно контролирует доступность кислорода микроорганизмам, обуславливает возникновение периодов водного микробного стресса, а также может дестабилизировать органическое вещество, в результате чего увеличивается доступность углерода почвенным микроорганизмам. Цель настоящей работы – оценить чувствительность минерализуемого пула органического вещества почв, сформированных в условиях умеренно-континентального климата с избыточным и недостаточным увлажнением и континентального засушливого климата к изменению температуры и влажности биокинетическим методом. Исследования проводили с образцами серой лесной почвы (Московская обл.), оподзоленного чернозема (Тульская обл.) и темно-каштановой почвы (Оренбургская обл.), отобранными на пахотных участках. Содержание общего органического углерода ($C_{орг}$) в изучаемых почвах – 0.92, 2.50, и 1.12%, соответственно. Почвенные образцы инкубировали при температуре 08, 18 и 28°C и влажности 10, 25 и 40 весовых% в течение 150 суток. Скорость минерализации органического вещества почвы определяли по выделению $C-CO_2$ из почв. Измерение концентрации $C-CO_2$ проводили на газовом хроматографе Кристалл Люкс 4000М. Содержание потенциально минерализуемого углерода, легко и трудно минерализуемых фракций активного органического вещества (АОВ), и интенсивность их минерализации рассчитывали методом биокинетического фракционирования. Установлено, что при увеличении температуры с 08 до 28°C содержание в почвах потенциально минерализуемого углерода увеличивалось в среднем в 3.5 раза, а при увеличении влажности с 10 до 40 весовых% – в 1.5 раза, причем наибольший эффект наблюдался в температурном диапазоне 08–18°C и диапазоне влажности 10–25%, а дальнейшее «потепление» и увлажнение были менее значимыми. Наибольшей термочувствительностью ПОВ к минерализации отличался чернозем, характеризовавшийся наибольшим содержанием $C_{орг}$, а температурный отклик серой лесной и темно-каштановой почв был в среднем вдвое ниже. Отзывчивость минерализации ПОВ на повышение степени увлажнения возрастала по мере увеличе-

ния аридности условий, в которых были сформированы изучаемые почвы, составив в серой лесной почве, оподзоленном черноземе и темно-каштановой почве 1.2, 1.5 и 2.0, соответственно. Трудно минерализуемые фракции АОВ были, в среднем, в 7 раз более термочувствительны по сравнению с легко минерализуемыми. С увеличением температуры возрастала гетерогенность активного органического вещества почв, а с увеличением влажности, напротив, АОВ становилось более однородным, при этом воздействие температуры было на порядок больше, чем воздействие влажности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

УДК 631.4

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ГУМУСОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД

Федорос Е.И., Надпорожская М.А., Трубицына Е.А., Абакумов Е.В.

СПбГУ, Санкт-Петербург, biosoil@bio.pu.ru

Использование препаратов гуминовых веществ для рекультивации нарушенных ландшафтов перспективная, но мало разработанная область. Требуют изучения перспективы применения гуматов для реабилитации почвы, установление оптимальных доз гуматов, параметризация их экологической и экономической эффективности и безопасности. Цель настоящей работы – оценить влияние искусственных гумусовых препаратов, полученных из активных илов сточных вод, на растения и почву в условиях лабораторных опытов.

Сотрудники фирмы «Нобель» разработали технологию обработки илов сточных вод в щелочной среде при повышенных температуре и давлении, метод окислительной гидролитической деструкции (Патент РФ № 2197439). Конечным продуктом переработки являются растворы, содержащие темноокрашенные гуминоподобные вещества. При этом примеси тяжелых металлов переходят в нерастворимую форму и остаются в осадке. Проведено 5 лабораторных опытов по определению действия препаратов гумусовых веществ (ГВ), полученных методом щелочного гидролиза из активных илов сточных вод. Препараты ГВ вносили в почву в разных концентрациях: от 5 до 20%.

Методика проведения опытов. Для определения влияния препаратов гумусовых веществ из илов сточных вод на растения и почву в опытах 1–3 применяли методику определения фитотоксичности и стимулирующего

воздействия почвы (Свидетельство об аттестации методики выполнения измерений № 253.11.14.306/2006. ФР.1.39.2006.02264, ГОСТ Р 8.563-96). Опыты 4 и 5 проводили согласно канонам проведения вегетационных опытов (Доспехов, 1985). В опытах 1–3 калиброванные семена ячменя (20 штук) высевали в почву (100 г), помещенную в чашки Петри. Опыты 4 и 5 проводили в вегетационных сосудах, вмещающих 200 г и 1000 г почвы, соответственно. Высевали по 10 семян ячменя на сосуд. В качестве почвы в опытах использовали гумусовый (А1) с содержанием органического углерода 3,15% и смесь гумусово-аккумулятивного и иллювиального (В) горизонтов с содержанием органического углерода 2,10% дерново-подзолистой суглинистой почвы. До посева в почву добавляли дистиллированную воду и растворы препаратов ГВ. В сумме жидкостей добавляли столько, чтобы влажность почвы была оптимальной для прорастания ячменя, т. е. до 60% от полной влагоемкости. Продолжительность опытов 1–3 от 3 до 4 дней. Продолжительность опытов 4 и 5 – 1 и 3 недели, соответственно. Опыты проводили при температуре около 25°C, под светоустановкой с освещенностью 5000 люкс. Ежедневно контролировали влажность весовым методом, добавляя дистиллированную воду. По окончании опытов проростки ячменя аккуратно вытаскивали из почвы, отмывали корни в дистиллированной воде. Измеряли длину главного корня (опыты 1–3), длину листьев и главного корня (опыт 4), длину листьев и главного корня, а также сухую массу корней и листьев и их зольность (опыт 5).

Выводы. Препараты гуминовых веществ из активных илов сточных обладают физиологической активностью. Начиная с ранних сроков развития ячменя (3 дня) до 21 дней выражено уменьшение длины главного корня при внесении любых доз препаратов. Оптимальная концентрация внесения жидких растворов гуминовых препаратов 5% от массы почвы. Внесение растворов гуматов более 10% от массы почвы приводит к ингибированию развития всего растения ячменя. Оптимальные концентрации препаратов гумусовых веществ в почве, способствуют увеличению длины листьев (опыты 4–5). Зависимость стимулирующего действия гуматов и гумусированности почв обратная: на почве с содержанием С орг. 3,15% реакция ячменя была выражена меньше, чем на почве с С орг. 2,10%.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и технологий в РФ, государственный контракт № 16.512.11.2161 и темы ЕЗН Исследование функциональной устойчивости почв в современных экосистемах 1.0.142.2010.

РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ «ДАТИРУЮЩЕЙ ФРАКЦИИ»

Чичагова О.А., Зазовская Э.П.

*Учреждение Российской академии наук Институт географии РАН, Москва,
zazovsk@rambler.ru*

Радиоуглеродный метод широко применяется при изучении гумусовых веществ почв для исследования эволюции геосистем, климата, их реконструкции и прогнозирования. В области географии и эволюции почв результаты применения радиоуглеродного метода позволили совершенно по-новому взглянуть на процессы, протекающие как в самой почве, так и между почвой и атмосферой. Одной из важнейших проблем при радиоуглеродном датировании, как современных почв, так и палеопочв является выбор датирующей фракции и интерпретация полученных радиоуглеродных данных. Выбору «датирующей» фракции было посвящено большое количество исследований с самого начала развития метода. Нами было предложено определять «датирующую» (наиболее древнюю) фракцию для различных типов современных и ископаемых почв. Установлено, что ими являются преобладающие, накапливающиеся фракции, т. е. наиболее биохимически и термодинамически устойчивые для данного типа гумуса. Так, для гумуса черноземов, где возраст фракций резко различается, «датирующими» являются гуматы Са (ЧГК-черные гуминовые кислоты) и ГК, прочно связанные с минеральной частью почвы. Современные представления об органическом веществе почв, позволяют определить его как смесь частиц и молекул, различающихся по химическим и физическим свойствам. Поэтому наиболее важным при радиоуглеродном датировании органического вещества почв является четкое определение датирующей фракции и генетической интерпретации полученных результатов. В настоящее время в мировой практике при изучении процессов генезиса и эволюции почв используется несколько подходов к датированию органического вещества. Наиболее распространенный из них – датирование почв по общему углероду (total carbon). Этот способ – наименее трудоемкий и чаще всего используется при датировании палеопочв для целей палеогеографических и георазведочных реконструкций. Сохраняются также традиционные обработки кислота-щелочь-кислота для выделения датируемых компонентов органического вещества, в т.ч. числе и гуминовых кислот.

Разработаны методики выделения фракций при обработке почвы плавиковой кислотой, перекисью водорода, в этом случае датируются гидрофобные и гидрофильные компоненты органического вещества. В целом результаты современных исследований показывают, что вне зависимости от выбранной методики датирования, мы получаем фракции, различающиеся по возрасту, что не всегда возможно объяснить. По-видимому, основным направлением исследования остается поиск наиболее устойчивых и древних компонентов. В работах некоторых авторов определены пулы органического вещества с разной биогеохимической активностью компонентов, которые выделены разными способами фракционирования. Интересным представляется подход к датированию гранулометрических фракций и структурных отдельностей. Для познания механизмов формирования макроагрегатов почв и их трансформации под влиянием антропогенных факторов, наоборот, актуален поиск лабильных и относительно молодых компонентов органического вещества, обладающих слабой и обратимой адгезионной способностью. По мнению В.В.Медведева (1988), почвенный гумус в соответствии с его ролью в агрегации можно разделить на две формы: микро- и макроагрегационную. Подвижные органические вещества участвуют в образовании макроагрегатов, а прочно связанное органическое вещество, видимо, необратимо закреплено в макроагрегатах, что и делает последние более стабильными компонентами почвы. Так как разнообразие форм органического вещества не вызывает сомнения, понятно, что могут возникать сложности при интерпретации полученных по ним радиоуглеродных данных. В связи с этим необходимым, на наш взгляд, является радиоуглеродное датирование различных форм органического вещества почв с четкой интерпретацией, получаемых результатов.

УДК 631.4

ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СРЕДЫ

Чуков С.Н., Рюмин А.Г., Кечайкина И.О.

Санкт-Петербургский государственный университет, S_Chukov@mail.ru

Проблема оценки эволюции органического вещества почв (ПОВ) и его главного компонента – гуминовых веществ (ГВ), как крупнейшего аккумулятивного резервуара вещества и энергии в биосфере, имеет огромное значение в прогнозировании их участия в тех глобальных биосферных и

атмосферных процессах, естественный ход которых существенно нарушен вмешательством человека. Эволюция ПОВ и ГВ в почве происходит непрерывно до стадии «равновесной» почвы, когда состав и структурно-функциональные параметры ПОВ и ГВ становятся константными. В случае резкого изменения факторов внешней среды, вся система ПОВ начинает эволюционировать в сторону нового равновесного состояния.

При моделировании структурного поведения эволюционирующих систем (в нашем случае ГВ), продуктивно использование подходов супрамолекулярной химии. В именно это направление в последние годы вызывает большой интерес исследователей. Супрамолекулярная химия детально описывает стадии самоорганизации системы, когда в результате кинетических переходов типа «беспорядок-порядок», происходит формирование структур с пространственной решеткой. Процесс гумификации в его классическом представлении можно соотнести с тремя основными, частично перекрывающимися стадиями.

Первая стадия «темплатная» – мелкомасштабные флуктуации, образование и распад в системе простейших ассоциатов из элементарных кластеров или молекул. Наблюдается минимальная степень комплементарного связывания простейших низкомолекулярных мономеров (продуктов разложения и трансформации органических остатков), сорбированных своей гидрофильной частью на поверхности минеральных частиц.

Вторая стадия – среднемасштабные флуктуации – «самоорганизация» системы с формированием более долгоживущих (стабильных) кластерных ансамблей «проГВ» в форме коротких цепей, микрослоев и микрокаркасов. В случае крупных молекулярных систем сорбированных на поверхности минеральной частицы – комплементарное образование из молекул двух- или трехмерных ассоциатов в виде супрамолекулярных ансамблей.

Третья стадия – крупномасштабные флуктуации (явление автокатализа) – «самосборка» системы глобальных макромолекулярных структур ГВ путем комплементарной трехмерной конденсации или свободнорадикальной полимеризации кластерных сверхпредшественников или супрамолекулярных ансамблей «проГВ» из 2-й стадии. Причем процесс окислительной свободнорадикальной полимеризации «проГВ», приводящий к формированию собственно ГВ постепенно сменяется процессом их фрагментарного обновления. По сути, эта стадия и является процессом «собственно гумификации» в его классическом понимании.

В итоге происходит: (I) формирование макромолекулярных и надмолекулярных систем ГВ стохастического характера на основе кольцевых структур с участием бензольных и пирольных ядер; (II) образование устойчивой двух

или многослойной амфифильной пленки ГВ на поверхности твердых частиц; (III) достижение состояния равновесия (при сбалансированности процессов трансформации органических соединений углерода в почве).

В качестве «квазиравновесных» почв нами были изучены искусственно погребенные почвы с возрастом от 30 до 1000 лет. Полученные нами данные позволяют утверждать, что процесс эволюции ГВ в условиях резкого дефицита или практически полного отсутствия органических остатков (при погребении) достаточно быстро – за несколько сотен лет – приводит не только к резкому изменению количественного содержания гуминовых и фульвокислот, но и к сильной трансформации молекулярной структуры ГК в условиях статического равновесия характерного для биоготермических условий погребенных почв.

УДК 631.445.4:631.95

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Швец Т.В., Катинда М.С.Б.

*ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар,
soil_kybgau@mail.ru*

Общеизвестно, что высокое содержание гумуса улучшает структуру почвы, создает благоприятный водно-воздушный режим, является источником энергии для микробиологических процессов и обуславливает своеобразную буферность почв по отношению к внешним факторам. Это снижает зависимость урожаев сельскохозяйственных культур от погодных условий, снимает отрицательное воздействие на растения высоких доз минеральных удобрений и пестицидов, повышает устойчивость земледелия в целом. Однако наряду с общим содержанием гумуса немаловажное значение имеет и его качественный состав. Дело в том, что почвы низменно-западных агроландшафтов из-за периодического переувлажнения могут иметь даже большее содержание гумуса по сравнению с равнинными почвами. Но при этом качество этого гумуса далеко не всегда является оптимальным.

В 2008–2011 г.г. была проведена сравнительная оценка качественного состава гумуса чернозема выщелоченного Западного Предкавказья на равнинном и низменно-западном агроландшафтах. Чернозем выщелоченный как равнинного, так и низменно-западного агроландшафтов относится к слабогумусному виду. Характерно постепенное

уменьшение гумуса с глубиной и аккумуляция его в глубоких горизонтах почвы. Запасы гумуса в гумусовом горизонте довольно высоки, благодаря чему исследуемый чернозем может быть отнесен к почвам, обладающим высоким потенциальным плодородием. В состав гумуса рассматриваемых почв входят три группы гумусовых веществ: гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролизуемый остаток. Не установлено в изучаемых черноземах органических веществ, растворимых в 0,1 н серной кислоте. В групповом составе гумуса чернозема выщелоченного наблюдается определенная закономерность: в пределах гумусового горизонта преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами, а в нижележащих горизонтах – фульвокислот над гуминовыми. Тип гумуса в пахотном горизонте характеризуется как гуматный, но далее в пределах гумусового слоя – как фульватно-гуматный. Высокое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием и наличие большого количества нерастворимого остатка придает гумусу чернозема выщелоченного большую устойчивость к процессам минерализации. Присутствие небольшого количества гуминовых кислот свободных и связанных с полуторными окислами в пределах гумусового слоя связано с выщелоченностью от углекальциевых солей. С появлением карбонатов кальция в переходном горизонте эти гуминовые кислоты не обнаруживаются, так как, присутствие карбонатов кальция в почвах смещает реакцию в сторону образования гуматов кальция. Вместе с тем, между фракционно-групповым составом гумуса равнинного и низменно-западного агроландшафтов наблюдаются существенные различия. Несмотря на то, что общее содержание гуминовых кислот в почвах примерно одинаково, количество гуминовых кислот, связанных с кальцием, на равнинном агроландшафте заметно выше. Это свидетельствует об активных процессах вымывания кальция из почвенного профиля низменно-западного агроландшафта, а, следовательно, об ухудшении гумусного состояния почвы.

Следует также отметить гораздо большее количество фульвокислот в условиях низменно-западного агроландшафта, что способствует изменению типа гумуса. Уже в подпахотном горизонте чернозема выщелоченного низменно-западного агроландшафта гумус становится гуматно-фульватным, а в нижележащих горизонтах переходит в фульватный. Это свидетельствует об ухудшении качества гумуса данной почвы, подверженности его процессам минерализации и вымывания, а следовательно, необходимости улучшения его качества.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ И АКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГУМАТОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Якименко О.С., Терехова В.А., Изосимов А.А.

Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, iakim@soil.msu.ru

Промышленные гуминовые препараты (ГП), предлагаемые на рынке в качестве стимуляторов роста растений, почвенных кондиционеров и детоксикантов загрязненных почв, производятся промышленными компаниями из нескольких видов природных ресурсов: торфов, углефицированных материалов (окисленные бурые угли, в том числе леонардит), несколько реже сапропелей и органических отходов. Исходный состав органического материала и условия гумификации в этих средах различны, что находит отражение в молекулярной структуре содержащихся в них гуминовых веществ, и соответственно особенностях проявления ими биологической активности по отношению к живым организмам. Цель настоящей работы - сравнительный анализ химической структуры и свойств ряда ГП, отличающихся генезисом органического сырья; оценка их биологической активности в тест-системах различного трофического уровня и выявление взаимосвязей между показателями биологической активности и физико-химическими свойствами. Объектами исследования были ГП в виде гуматов натрия и калия, полученные фирмами-производителями из 7 различных групп сырьевых источников: углефицированных материалов (бурого угля, леонардита, лигнита и гумалита), торфов, сапропелей и органических отходов; всего более 50 препаратов.

По данным элементного анализа, ИК-спектроскопии и анализа функциональных групп выявлены тенденции потери азота и накопления углерода и карбоксиллов в соответствии с глубиной углефикации в ряду торф-бурый уголь – лигнит. По количественному содержанию гуминовых кислот и фульвокислот все препараты имеют сходное распределение, за исключением ГП из угля, где резко преобладают ГК, а также ГП из лигносульфоната и промышленных препаратов фульвокислот с преобладанием кислоторастворимой фракции. По характеру молекулярно-массового распределения ГП из углей, как правило, представлены молекулярными ассоциатами со средневесовыми молекулярными массами около 50 kDa, а в ГП из молодых каустобиолитов или обогащенных кислоторастворимой фракцией обнаружена также

низкомолекулярная фракция. Исследованы спектрально-люминесцентные характеристики водных растворов ГП и выявлены отличия спектральных свойств ГП из углефицированных материалов, лигнинсодержащего органического отхода и ГП из растительного сырья (торфа, сапропеля, вермикомпоста).

Биологическую активность ГП оценивали в различных тест-системах с использованием тест-культур разного трофического уровня: продуцентов (фитотест и альготест) и редуцентов (бактерии). Биотестирование водных растворов ГП проводили в диапазоне концентраций 5–10000 мг/л с целью выявления как стимулирующего, так и ингибирующего эффектов на высших растениях, клетках теплокровных животных *in vitro*, низших ракообразных (*Daphnia magna*), простейших (*Paramecium caudatum*), бактерий (аналитическая система “Биотокс”) и микроводорослях (*Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda*). Тест-системы с использованием семян высших растений, как правило, обнаруживают ауксиноподобный эффект разной степени выраженности. Тест-системы с использованием клеток теплокровных животных, инфузорий и дафний оказались малочувствительны к воздействию ГП в исследованном диапазоне концентраций; а в бактериальной тест-системе получены дифференцированные отклики на воздействие ГП различного генезиса. В тест-системах с применением микроводорослей фиксируются различия в откликах в зависимости не только от вида тест-культуры, но и насыщенности среды роста питательными элементами, а также генезиса ГП.

Секция D

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

Председатель: д.б.н. Д.Л.Пинский.

УДК 631.416.8 631.438 631.895

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПРОДИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ**

**Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Жигарева Т.Л., Попова Г.И.,
Свириденко Д.Г., Петров К.В., Ратников А.Н.**

ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии, Обнинск, vsanisimov@list.ru

Получение на техногенно загрязненных территориях сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, является важнейшей задачей в земледелии. Для снижения перехода радионуклидов и тяжелых металлов в растения были предложены специальные продукты, в частности, новое удобрение на основе комплексного наноструктурного минерального сорбента (КС) – Супродит. Для изучения механизмов взаимодействия его с почвой и влияния на продуктивность растений были исследованы сорбционные свойства – емкость катионного обмена (ЕКО) и потенциал селективной сорбции (ПСС) КС, входящего в состав Супродита, дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, в которую были внесены либо Супродит, либо НРК. ПСС равен сумме произведений емкостей однородных сорбционных участков на соответствующие им рассчитанные с помощью двухкомпонентной модели полифункционального ионообменника значения коэффициентов селективности ионного обмена следовых количеств ионов $Me^{+(2+)}$ [$Me=Cs(Cd, Zn)$] на преобладающие в системе ионы $K^+(Ca^{2+})$. Для радионуклида ^{137}Cs соответствующий показатель получил название потенциала селективной сорбции радиоцезия (RIP – radiocaesium interception potential). Изучено влияние Супродита на продуктивность ячменя сорта Нур (нарастание биомассы) и переход ^{137}Cs , Cd и Zn в растения. Анализ емкости катионного обмена (ЕКО) показал, что при внесении в почву Супродита ЕКО достоверно увеличивается на $0,5\pm 0,09$ мг-экв/100г почвы, что обусловлено влиянием входящих в состав Супродита КС и органических соединений, которые при взаимодействии с почвенным поглощающим комплексом (ППК) образуют дополнительные места сорбции. Показано, что внесение в почву Супродита в количестве 1.36 г/кг, состоящего на 50% из ком-

плексного сорбента и на 50% из гидролизованного торфа, приводит к существенному возрастанию ПСС Cd, Zn и RIP ^{137}Cs в данной почве. Если ПСС Cd при внесении в почву традиционных удобрений (NPK) был равен 113 мМ/кг, то с внесением Супродита он увеличился в 8 раз, этот же показатель КС увеличился более, чем на два порядка величины. Аналогичная картина наблюдалась и при определении ПСС Zn для КС, почвы с внесенным Супродитом и NPK. ПСС Zn при внесении Супродита увеличился по сравнению с NPK в 2.4 раза. Внесение в почву Cd в дозе 5 мг/кг привело к снижению биомассы ячменя по сравнению с контролем на 29%, цинка в дозе 100 мг/кг – на 20%. Супродит, внесенный в почву, нивелировал отрицательное влияние Cd и Zn на рост и развитие ячменя. Присутствие Супродита в почве, загрязненной кадмием (Cd5), обеспечило увеличение биомассы в 2.1 раза по сравнению с вариантом, когда в почву вносился только Cd. В варианте совместного внесения Супродита и Zn100 биомасса увеличилась в 2.4 раза по сравнению с вариантом, где в почве присутствовал только Zn. При внесении в почву Cd в дозе 5 мг/кг концентрация его в сухой вегетативной массе ячменя составила 11.7 мг/кг. Внесение в загрязненную Cd почву Супродита снизило концентрацию Cd в растения до 4.5 мг/кг сухой массы. При внесении в почву Zn, в дозе 100 мг/кг, содержание его в биомассе составило 244.5 мг/кг. Внесение Супродита в вариант Zn100 привело к снижению содержания Zn в биомассе в 1.4 раза. Вынос ^{137}Cs биомассой ячменя под влиянием Супродита уменьшился в 5.0 раз по сравнению с контролем и в 4.0 раза по сравнению с вариантом, где были внесены стандартные питательные элементы.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА НА АДСОРБЦИЮ МЕДИ, ЦИНКА И СВИНЦА ТВЕРДЫМИ ФАЗАМИ ПОЧВ

Антоненко Е.М.¹, Пинский Д. Л.², Минкина Т. М.³, Сушкова С.Н.³

¹*Российский научно-исследовательский институт проблем мелиораций, Новочеркасск, antonenko1102@yandex.ru;*

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пуцино, Московская обл., pinsky@issp.serpukhov.su;*

³*Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, minkina@srfedu.ru*

Целью работы является изучение поглощения катионов меди, свинца и цинка черноземом обыкновенным при раздельном и совместном присутствии в равновесных растворах, а также влияния сопутствующего аниона на адсорбцию тяжелых металлов (ТМ) почвой.

Объект изучения – чернозём обыкновенный тяжелосуглинистый, имеющий следующие свойства: Сорг – 2,4%, рН – 7,3%; ЕКО – 36,1 мг-экв/100г; обменные катионы (мг-экв/100г): Ca^{2+} – 29,5, Mg^{2+} – 5,5, Na^{+} – 0,1; CaCO_3 – 0,1%; P_2O_5 подв. – 1,6 мг/100г; $\text{K}_{\text{обм.}}$ – 0,58 мг-экв/100 г; физической глины – 47,1%, ила – 28,6%. Использовали фракцию чернозема меньше 1 мм в естественной катионной форме. Почву заливали растворами азотнокислых и уксуснокислых растворов солей Cu , Pb и Zn в концентрациях от 0,05 мМ/л до 1 мМ/л и соотношении почва: раствор 1:10. ТМ вносились как раздельно, так и совместно. Суспензия взбалтывалась в течение 1 часа, затем отстаивалась в течение суток. В равновесных растворах определяли рН потенциометрически. В фильтраатах измеряли содержание свинца, меди и цинка, а также кальция, магния, калия, натрия атомно-абсорбционным методом.

Изотермы моно- и полиэлементной адсорбции Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} черноземом обыкновенным удовлетворительно описывается уравнением Ленгмюра. Для моноэлементной адсорбции из растворов азотнокислых и уксуснокислых солей величины k убывают в ряду: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} \gg \text{Zn}^{2+}$. Для полиэлементной адсорбции из растворов азотнокислых солей – в ряду: $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$; из растворов уксуснокислых солей – в ряду: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$. Изменение порядка распределения катионов по энергии адсорбционного взаимодействия с почвой в случае полиэлементной адсорбции связано с взаимной конкуренцией катионов ТМ за адсорбционные места и различным характером ассоциации с компонентами раствора. Величина максимальной адсорбции Zn из растворов уксуснокислой соли значимо больше соответствующей величины для адсорбции цинка из растворов азотнокислой соли, что связано с увеличением отрицательного заряда поверхности почвенных частиц за счет связывания обменного водорода анионами слабой кислоты. Значения максимальной адсорбции отдельных катионов в случае полиэлементной адсорбции всегда меньше, чем в случае моноэлементной вследствие взаимной конкуренции за обменные центры. В то же время величины констант адсорбции при полиэлементной адсорбции больше, чем в случае моноэлементной в результате перераспределения катионов ТМ по наиболее специфичным к ним адсорбционным центрам. Сравнительная оценка поглощенных ТМ и вытесненных в раствор обменных катионов свидетельствует об отсутствии баланса между этими величинами. При малых количествах ТМ в ППК имеет место переход в раствор сверхэквивалентных количеств обменных катионов за счет растворения легкорастворимых солей Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} и K^{+} и присутствующих карбонатов Ca^{2+} и Mg^{2+} . При высоких

количества поглощенных ТМ сумма вытесняемых в раствор обменных катионов становится меньше количества поглощения ТМ. Это обусловлено влиянием различных факторов: ассоциацией ТМ с компонентами раствора и адсорбцией ассоциированных ионов, наличием специфических для катионов ТМ мест, сорбция на которых для обменных катионов нехарактерна, а также образованием новых фаз различной природы, локализованных на поверхности почвенных частиц.

Работа поддержана грантами РФФИ № 09-04-00652, Министерства образования и науки РФ, ГК № 16.740.11.0528, ГК № 16.740.11.0054

УДК 631.4

МОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТАХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Борисочкина Т.И., Никитина Н.С.

ГНУ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, geotibor@gmail.com

Почвы урбанизированных территорий, находящиеся в сфере воздействия промышленно-металлургических комплексов, испытывают высокие техногенные нагрузки, следствием которых является трансформация ландшафтов и изменение содержаний в них тяжелых металлов.

Поступление тяжелых металлов в экосистемы в сфере воздействия промышленных комплексов значительно изменяет состав и соотношение химических элементов в ландшафтах, влияет на биогеохимические циклы миграции химических элементов. Для составления прогнозных моделей поведения тяжелых металлов в почвах и оценки поступления тяжелых металлов в растения необходим систематический учет техногенных потоков химических элементов.

В условиях загрязнения урбанизированных ландшафтов тяжелыми металлами возникает необходимость изучения геохимии этих элементов, так как формы нахождения металлов в почвах во многом определяют экологическое состояние ландшафтов и вероятность поступления тяжелых металлов в другие природные компоненты.

Целью исследований являлся анализ информации о размерах и качественном составе аэротехногенных выпадений, а также комплексный эколого-геохимический анализ состояния почв урбанизированных территорий в сфере воздействия Череповецкого промышленно-металлургического комплекса для создания банка данных при ведении экологического мониторинга почв.

На основании материалов снеговых съемок 1976–2011 гг. проанализировано поступление аэротехногенных выпадений в почвы городских и пригородных территорий в зоне воздействия Череповецкого промышленно-металлургического комплекса. Исследованы валовые содержания и формы нахождения тяжелых металлов в почвах селитебных и сельскохозяйственных ландшафтов урбанизированных территорий.

Проведенными исследованиями установлено, что в связи с модернизацией технологий производства интенсивность пылевой нагрузки в сфере воздействия Череповецкого промышленно-металлургического комбината снизилась. В составе снеговых выпадений зафиксировано увеличение количества воднорастворимых соединений.

Количество тяжелых металлов, поступающих в почву, определяется преимущественно твердофазными выпадениями. Данными снеговой съемки установлено, что в настоящее время при существующих технологиях производства в почвах Череповца идет процесс накопления кадмия, свинца, цинка, железа.

В почвах селитебных ландшафтов импактной зоны обнаружены повышенные концентрации (превышающие ПДК) подвижного цинка и подвижного кадмия.

В ходе исследований зафиксировано слабое закрепление почвами кадмия, при этом установлено, что значительная часть кадмия закрепляется почвами обменно и является легкоподвижной.

Почвы пригородных агроландшафтов, используемые под пашню, характеризуются высокой обеспеченностью цинком; высокой и средней обеспеченностью марганцем; средней обеспеченностью медью.

При проведении экологического мониторинга для получения более полной и достоверной информации необходим комплексный анализ техногенных потоков элементов в ландшафтах, а также анализ как валовых содержаний, так и подвижных форм тяжелых металлов в почвах.

Ландшафтно-экологический мониторинг, учитывающий функциональное использование территории, является необходимым компонентом управления природной средой.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭКОТОКСИКАНТАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р.

*УРАН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пуцино, gkvasilyeva@issp.psn.ru*

Загрязнение почвенного покрова происходит практически при всех видах хозяйственной деятельности человека. Основными источниками загрязнения почв в России являются отходы нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и химической промышленности и её продукция; аварии на трубопроводах и транспорте, химические и биологические препараты, используемые в сельском хозяйстве, места хранения и уничтожения бытовых и промышленных отходов, места захоронения химического оружия. Количество загрязненных участков постоянно нарастает, поэтому все более актуальным является разработка эффективных и экономичных методов очистки почвы.

Среди известных методов очистки наиболее перспективными считаются методы биологической очистки почв (биоремедиация). Однако возможности этих методов ограничены из-за повышенной токсичности загрязненных почв, нестабильности штаммов-деструкторов в почве и грунтах, трудности адаптации аборигенных и инокулированных микроорганизмов-деструкторов и засеваемых растений в загрязненных почвах. Проведенные нами исследования показали высокую эффективность использования природных сорбентов, которые существенно расширяют возможности биологических методов. Сорбенты позволяют регулировать доступность ксенобиотиков микроорганизмам-деструкторам и растениям-фиторемедиаторам, а в случае высокоперсистентных ксенобиотиков, обеспечивают их прочное связывание. Целью данного доклада является рассмотрение вопросов загрязнения почв на территории РФ, а также обобщение результатов многолетних исследований по изучению механизмов действия различных сорбентов на свойства загрязненных почв и перспектив применения сорбентов для расширения возможностей метода биологической очистки почв.

Нашим коллективом разрабатываются методы сорбционно-биологической очистки почв, загрязненных широким кругом разнообразных загрязнителей, включая нефть и нефтепродукты (в частности дизельное топливо и отработанный моторное масло), различные токсичные органические соединения, такие как хлорированные анилины, хлорфенолы, нафталин, тринитротолуол, полихлорированные бифенилы, присутствующие в количествах, в ты-

сдачи раз превышающие их предельно допустимые концентрации. Исследования проводили в лабораторных, микрополевых и полевых условиях на разных типах почв. В качестве биопрепаратов использовали микроорганизмы-деструкторы различных органических соединений, в том числе бактериальные штаммы, способные утилизировать хлоранилины, хлорфенолы, полициклические ароматические углеводороды и другие углеводороды нефти.

С помощью сорбционно-биологического метода удается снизить концентрации загрязнителей в почве на 90–99% в течение 1–3-х сезонов, во многих случаях - до предельно допустимого уровня при полном снижении интегральной токсичности почв, оцениваемой с помощью фито- и биотестов. Показано, что наилучшим сорбентом во многих случаях является гранулированный активированный уголь, который положительно влияет на свойства загрязненных почв. В частности он снижает токсическое действие загрязнителей на почвенную микрофлору и растения, улучшает водно-физические свойства почв, снижает отрицательное действие высоких доз минеральных удобрений при очистке нефтезагрязненных почв. Помимо активированного угля рассматривалась возможность использования и других сорбентов, в том числе продукта переработки торфа «Спилсорб», вермикулита, цеолита и диатомита.

В докладе будут обсуждаться механизмы действия сорбентов на свойства загрязненных почв, а также будут даны основы правильного выбора формы и дозы сорбентов и условий проведения сорбционной биоремедиации почв в зависимости от качества и дозы загрязнителя, типа почвы и почвенно-климатических условий.

УДК 632.122.1

МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Григориади А.С., Киреева Н.А.

Баширский государственный университет, Уфа, nysha111@yandex.ru

В результате загрязнения нефтью и нефтепродуктами происходит загрязнение и тяжелыми металлами, которые также в большом количестве могут содержаться в нефти и нефтепромысловых сточных водах. Нефтяные углеводороды способны подвергаться биодеградации, в то время как тяжелые металлы относятся к рекальцитрантным загрязнителям. Растительность может оказать значительное влияние на содержание тяжелых металлов в почве.

Целью исследования явилось исследование содержания тяжелых металлов (ТМ) в почве под влиянием сельскохозяйственных и дикорастущих растений. В качестве основных показателей мониторинга были отобраны наиболее опасные металлы: свинец и кадмий. Концентрация ТМ определялась в нефтезагрязненной почве под посевами сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) и дягиля лекарственного (*Archangelica officinalis* L.). Уровень загрязнения почвы нефтяными углеводородами составлял 6% масс. В качестве контроля выступала незагрязненная почва.

С увеличением концентрации нефти возрастало содержание тяжелых металлов в почве. Содержание свинца в незагрязненной почве под посевами растений не превышало ПДК ни в одной пробе. Однако в присутствии нефтяных углеводородов его концентрация возросла в 2 раза и составляла 21,59 мг/кг, что незначительно превышает значение ПДК для почвы. В нефтезагрязненной почве также в 1,5 раза увеличилось содержание кадмия, но его концентрация оставалась в пределах ПДК.

Под посевами дягиля с увеличением содержания свинца в почве возрастало и его количество в надземной части растения, показатель отличался от контрольного в 11 раз. Загрязнение почвы нефтью способствовало накоплению меди, цинка, железа, марганца, свинца и кадмия в листьях, а также железа, марганца, кобальта и свинца – в корнеплодах сахарной свеклы. В отношении содержания свинца превышение максимально допустимого уровня (МДУ = 5,0 мг/кг сухой массы) отмечалось в корнеплодах свеклы.

Наиболее динамичным микроэлементом в свекле явился кадмий. Полученные результаты свидетельствуют о том, что кадмий извлекался из почвы значительно лучше, что может быть связано с его большей подвижностью. При загрязнении нефтью во всех пробах наблюдалось превышение уровня МДУ в растительном сырье. Например, в растениях дягиля концентрация кадмия в 3 раза превышала МДУ по данному металлу.

Наибольшая степень извлечения свинца и кадмия из почвы отмечалось у свеклы, чем у дягиля, что можно объяснить особенностями защитных механизмов растений. Очевидно, что хелатины нефти избирательно связывают ТМ и делают его более подвижным. Наши результаты согласуются с данными зарубежных авторов, показавшими, что *Beta vulgaris* var. *cicla* L. концентрирует кадмий в большей степени, чем другие растения.

Данные мониторинга загрязненной почвы показали, что присутствие растительности способствовало транслокации ТМ из почвы в надземные части растений, что способствует ее очистке и санации. На этом свойстве растений основан метод фиторемедиации, который в данном варианте может быть направлен не только на аккумуляцию металлов, но и на биодеградацию нефтяных углеводородов ризосферными микроорганизмами.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ФИЛИАЛА БОТАНИЧЕСКОГО САДА МГУ «АПТЕКАРСКИЙ ОГОРОД»

Гурьев И.Д.

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушино, sngur@rambler.ru

Объект исследований – почвы филиала ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» (ФБС МГУ), который является особо охраняемой природной территорией Москвы.

ФБС МГУ расположен в центре Москвы на проспекте Мира в окружении мегаполиса. Цель исследований – дать экологическую оценку состояния почв сада, относительно городских почв окружения, а также сравнить их с окультуренными зональными дерново-подзолистыми почвами. Исследовали почвы, в основном, расположенные под древесной растительностью (парк), которые давно выведены из хозяйственного оборота, но ненарушенными их назвать нельзя, так как у них долгая история использования.

Отбирались образцы почв до глубины 50 см (каждые 10 см) и образцы опада деревьев. Определяли: плотность скелета почвы, гранулометрический состав, кислотность почв, подвижные формы фосфора и калия, содержание органического углерода, содержание тяжёлых металлов (ТМ) и органических токсикантов (бенз(а)пирена, хлорорганических углеводородов-пестицидов), что позволило дать оценку экологического состояния почв.

В опаде определяли содержание ТМ и пестицидов.

Исследуемые почвы относятся к глубоко-преобразованным почвам (рекреазёмы или культурозёмы). Они сформировались под воздействием зонально-климатических факторов почвообразования, средообразующих факторов, специфических факторов, связанных с рекультивацией почв и особенностью ухода за растениями. Это привело к формированию ряда особенностей, присущих почвам ботанических садов и отличает их как от городских почв, так и от окультуренных зональных почв (дерново-подзолистых): слабой уплотнённостью верхних гумусированных слоёв, отсутствием захламлённости почвенной поверхности, низким содержанием включений строительного-бытового мусора в пределах гумусового горизонта. Результаты гранулометрического анализа не позволяют выявить степень дифференциации профиля по илистой фракции в связи с различным происхождением насыпных грунтов и отсутствием данных об их первоначальном составе. Почвы легко-суглинистого мехсостава. Имеют оптимальную для нормального развития растений плотность сложения

(от 1,10–0,19 г/см³ на глубине 0–10 см до 1,31 г/см³ на глубине 50 см), что позволяет хорошо проводить воду и воздух.

Мощность гумусированного слоя более 30 см, что говорит о значительной окультуренности зональной почвы, имеют слабокислую и нейтральную реакцию, что обеспечивает нормальное состояние растений, включая культурные. Верхние слои почв под деревьями имеют слабо кислую реакцию среды, относительно других почв ФБС МГУ, имеющих нейтральную или иногда слабощелочную среду.

Гумусированные антропогенные части профиля исследуемых почв по степени обеспеченности почв Р и К приближены к дерново-подзолистым средней степени окультуренности, но эти показатели значительно ниже, чем в урбанозёмах мегаполиса.

По содержанию органики почвы ФБС относятся к плодородным. Повышенное содержание Сорг объясняется антропогенным привнесением органосодержащих веществ в более ранние периоды существования сада, а также образованием его на месте в результате поступления на поверхность почвы богатой органикой опада.

Содержание ТМ в почвах хаотично по глубине и не связано с содержанием в опаде. Наблюдается превышение критерия (двойное фоновое содержание) только по Cd, Pb и Zn на всех исследованных точках. Pb и Zn относятся к приоритетным загрязнителям для почв Москвы. Почвы значительно загрязнены бенз(а)пиреном. Содержание остаточных пестицидов (стойкие органические загрязнители) превышает ПДК в несколько раз. Всё это объясняется расположением ФБС МГУ (центр мегаполиса), а также спецификой землепользования в течение трёх столетий, особенно за последние 100 лет

УДК 504.05:631.4(41)

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВАХ СТЕПЕЙ

Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, davydova@irigs.irk.ru

Загрязнения природной среды остается актуальной проблемой, вызывая интерес у многих исследователей. Почва, являясь естественным фильтром по отношению к поступающим через атмосферу потокам веществ, постепенно накапливает их, образуя многослойные литохимические аномалии. Исследования проводились в зоне воздействия эмиссий Саяногорского (САЗа) и Хакасского (ХАЗа) алюминиевых заводов, располо-

женных в южной части Минусинской котловины (Койбальская степь), на второй надпойменной террасе левого берега реки Енисей. В нарушение Международных правил, регламентирующих количество выпускаемой продукции до 300 тыс. т/год, они построены на общей промышленной площадке, что дает возможность превысить установленный уровень в 2 раза и более, соответственно и загрязнение природной среды.

Почвенный покров древней аллювиальной равнины в зоне влияния выбросов заводов представлен средне- и легкосуглинистыми, местами супесчаными каштановыми почвами и малогумусными черноземами текстурно-карбонатными. Они имеют малую мощность почвенного профиля (30–40, реже 80–100 см). Подстилающими породами являются аллювиальные отложения четвертичного возраста, представленные галечниками с участием песчаных и супесчаных заполнителей, характеризующихся хорошей водопроницаемостью. Солонцеватые и засоленные разности имеют более тяжелый гранулометрический состав. Обрамляющие долину увалы также заняты каштановыми почвами и черноземами текстурно-карбонатными, каменистыми на вершинах и крутых склонах и часто солонцеватыми на пологих склонах.

Поступление поллютантов на почвенный покров рассчитывалось по количеству их накопления в снежном покрове. Учитывалась общая масса твердых аэрозолей (взвесей в снеговой воде) и растворимых веществ, устанавливался их химический состав. На основе полученных результатов рассчитывался индекс суммарного загрязнения для 20 химических элементов, выявлялись приоритетные элементы загрязнители. Нагрузки наиболее опасных элементов, таких как фтор и алюминий, поступающие в растворимой форме, отражены на картосхемах М 1:200000. Также нашли свое отражение в картосхемах интегральный показатель рН, общее количество твердых аэрозолей и растворимых веществ. Установлено, что фторидами в 10 раз превышающее фоновое содержание в снеговой воде ($0,5 \text{ мг/дм}^3$) занято около 200000 га. Изолинией с содержанием 2 мг/дм^3 , что при переводе на почву соответствует ПДК, выделяется площадь около 40000 га.

В системе атмосфера – снег – почва, судя по величине индекса суммарного загрязнения, техногенное вещество рассеивается с аккумуляцией элементов в почвенных растворах и в твердой части почв. Причем алюминий и натрий в большинстве случаев маскируются природным повышенным фоном, и хорошо диагностируется фтор, особенно его водорастворимая форма. За 25-летний период накопление поллютанта в почвах осуществлялось неоднозначно. Наименее загрязнены с аккумуляцией валового фтора в гумусовом горизонте и карбонатных натечках с нижней

стороны валунов и гальки черноземы долины Енисея на песках и галечниках. Повышенным содержанием до 3-х ПДК водорастворимого фтора выделяются почвы (часто засоленные) аккумулятивных местоположений (озерные понижения, старицы, долины малых водотоков). При этом элемент может накапливаться в равной мере, как в гумусовых горизонтах, так и в нижних засоленных горизонтах. Иногда максимальное содержание поллютанта приурочено к нижней части почвенного профиля, что коррелируется с содержанием ила и минерализацией почвенных растворов. Указанные особенности распределения поллютанов в почвенном покрове отражены на картосхемах М 1:100000.

УДК 632.122.1

ФИТОЭКСТРАКЦИЯ СВИНЦА ИЗ ЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Дмитраков Л.М., Дмитрикова Л.К.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, ldmitrakov@rambler.ru*

В последние десять лет в странах с развитой экономикой возрос интерес к разработке методов и технологии очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) с помощью растений (фиторемедиация). Технология фиторемедиации представляет собой два основных компонента: фитостабилизация и фитоэкстракция.

Фитостабилизация – использование растений для снижения уровня биологической доступности ТМ. Она основана на способности растений или секретируемых растениями соединений стабилизировать в почве содержание загрязняющих веществ за счет поглощения, комплексообразования, снижения валентности или осаждения, препятствуя их мобилизации, или вымыванию в форме, угрожающей здоровью человека.

Фитоэкстракция – извлечение из почвы корневой системой и концентрирование ТМ в надземной биомассе специально подобранных видов растений, в последующем утилизируемой. Растения, используемые для извлечения ТМ из загрязненных почв, должны отвечать ряду требований: быть толерантными к высоким концентрациям металлов, быть способными поглощать несколько металлов одновременно в высокой концентрации, эффективно их транспортировать из корневой системы в надземную пожинаемую биомассу, отличаться высокой скоростью роста и производить большую биомассу, иметь глубоко разрастающуюся корневую сис-

тому, высокую сопротивляемость к болезням и вредителям, быть отзывчивыми к обычной агротехнике, удобными для уборки и утилизации. Необходимо максимально возможный транспорт ТМ в надземную биомассу, поскольку уборка корневой биомассы практически невозможна. Кроме того, растения – фиторемедианты должны быть адаптированы к экологическим условиям конкретного региона и местообитания, включая рельеф, почвы и климат. Для интенсификации процесса фитоэкстракции, наряду с выращиванием растений – гипераккумуляторов, следует вносить вещества, образующие с металлами в почвенном растворе устойчивые водорастворимые комплексные соединения, например этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА), повышающую подвижность ТМ. Одним из наиболее труднодоступных элементов, которые накапливаются в растениях, является свинец. Большинство металлов (особенно свинец) содержится в почве в различных формах, не все из которых в одинаковой степени поглощаются растениями. Для того, чтобы обеспечить максимальный вынос свинца, необходима сбалансированность обеспечения растений питательными веществами для формирования биомассы и биодоступности свинца. Одними из наиболее эффективных гипераккумуляторов свинца считаются горчица сарептская и амарант. Многообразие видов амаранта, различающегося по хозяйственным признакам, обеспечивает многоцелевое использование этого растения: пищевое, кормовое, декоративное, на топливо и зеленое удобрение, что позволяет выбирать способ утилизации загрязненной биомассы. Амарант высокопродуктивная, многоукосная (в зависимости от региона выращивания ее можно скашивать 2–3 раза) культура, урожайность которой колеблется от 300 до 2000 ц с 1 га. В России данная культура считается нетрадиционной и мало культивируемой. Горчица сарептская имеет короткий (до 30 дней) период вегетации, позволяющий получать урожай несколько раз за полевой сезон. Нами проведен вегетационный опыт с амарантом и горчицей сарептской в условиях контролируемой влажности на серой лесной почве, загрязненной ацетатом свинца в дозах 0, 1, 5 и 10 ПДК и включением вариантов с ЭДТА. Из полученных данных следует, что существует как оптимальная для поглощения растением концентрация ТМ, так и концентрация, оказывающая фитотоксическое и летальное действие.

В целом, накопленный опыт фиторемедиации подтверждает, что в условиях деградации почв от эрозии, тяжелыми металлами и вредными органическими соединениями необходим поиск новых растений-аккумуляторов тяжелых металлов и новых экономически доступных технологий оздоровления почвенного покрова.

УДК 631.95:546.662

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ ПОЧВ Г. ЗАКАМЕНСКА (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Доржонова В.О¹, Убугунов Л.Л.^{1,2}, Убугунов В.Л.¹

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
visatag@mail.ru

²ФГОУ ВПО Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
им. В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

Очистка почв, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ), является одной из наиболее сложных задач, стоящими перед специалистами в природоохранной сфере. В последние годы исследователи сконцентрировали свое внимание на методах, малозатратных и не ухудшающих состояние окружающей природной среды, в частности на методе извлечения ТМ с помощью растений. В литературе встречаются примеры, когда в комплексе с выращиванием гипераккумуляторов были использованы химические добавки, повышающие доступность металлов растениям и, следовательно, увеличивающие вынос поллютантов из почв.

Цель исследований – изучить возможность очистки фоновых почв г. Закаменска с помощью ярутки лесной (*Thlaspi caerulescens*).

Для изучения фитоэкстракции кадмия проводили исследования в вегетационно-полевых опытах на дерново-подбуре. Почвенные образцы отбирали в г. Закаменске из верхнего гумусированного слоя приусадебного участка. Почва характеризовалась низким содержанием гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, нейтральной реакцией среды и супесчаным гранулометрическим составом.

В вегетационные сосуды помещали 10 кг воздушно-сухой почвы и вносили кадмий в виде водного раствора уксуснокислой соли ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). В качестве эффектора фитоэкстракции вносили этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА) в виде трилона-Б. Повторность опыта 4-кратная.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (без внесения Cd и ЭДТА); 2) 1 мг Cd/кг почвы; 3) 5 мг Cd/кг почвы; 4) 10 мг Cd/кг почвы; 5) 50 мг Cd/кг почвы; 6) 100 мг Cd/кг почвы; 7) 200 мг Cd/кг почвы; 8) 500 мг Cd/кг почвы; 9) 3 ммоль ЭДТА/кг почвы (фон); 10) фон + 1 мг Cd/кг почвы; 11) фон + 5 мг Cd/кг почвы; 12) фон + 10 мг Cd/кг почвы; 13) фон + 50 мг Cd/кг почвы; 14) фон + 100 мг Cd/кг почвы; 15) фон + 200 мг Cd/кг почвы; 16) фон + 500 мг Cd/кг почвы.

В качестве растения-гипераккумулятора использовали ярутку лесную (*Thlaspi caerulescens*).

Для фиксации почвой внесенного кадмия проводили компостирование в течение 1 месяца, при этом почву ежедневно увлажняли водой и рыхлили.

Для определения почвенных характеристик использовали общепринятые методики. Растительные образцы после сухого озоления при 550° С растворяли в разбавленной соляной кислоте. В растительных пробах определяли содержание кадмия атомно-абсорбционным методом на спектрометре. Об уровне фитоэкстракции судили по разнице показателей между контролем и вариантами опыта.

Внесение возрастающих доз кадмия существенно влияло на рост растений и продуктивность ярутки лесной: установлено достоверное снижение длины и массы растений. Внесение доз кадмия, составляющих 200 и 500 мг/кг почвы и ЭДТА в дозе 11,2 г/кг (3 ммоль ЭДТА /кг почвы) приводило к полной гибели растений, а точнее даже к гибели семян. Поэтому мы полагаем, что хелатно-усиленная фитоэкстракция кадмия из дерново-подбуря с помощью ярутки лесной и ЭДТА в условиях г. Закаменска нецелесообразна. Наивысшая концентрация кадмия в ярутке (100,8 мг/кг) была отмечена при дозе кадмия 50 мг/кг почвы. Дальнейшее увеличение дозы до 100 мг/кг привело к относительному понижению концентрации металла в тканях растений. Вынос кадмия из загрязненных почв по сравнению с контролем резко увеличивается до 105 раз. Вынос кадмия происходит интенсивнее надземной частью, чем корнями, по отношению к контролю при дозах 1–50 мг/кг кадмия. При дальнейшем увеличении доз кадмия вынос его как надземной частью, так и корнями снижался.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов СО РАН 16.14 «Разработка системы комплексной индикации процессов опустынивания для оценки современного состояния экосистем Сибири и Центральной Азии, создание на её основе прогнозных моделей и системы мониторинга» и 23.11 «Инвентаризация экосистем»

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Дягилева А.Г.

НИИПЭС СВФУ имени М.К. Аммосова, Якутск, nuta0687@rambler.ru

Возрастающее загрязнение окружающей среды промышленной деятельностью стало одной из важных экологических проблем современности, требующая углубленных исследований в рамках специализированного эколого-геохимического мониторинга с целью своевременной и объективной разработки рекомендаций по обеспечению экологической безопасности и снижению геохимического риска.

Исследование сорбционной способности мерзлотных почв проводилось в составе комплексного полевого отряда на территории Западной Якутии в пределах Ханья-Накынского междуречья, где расположен Нюрбинский горно-обогатительный комбинат (НГОК). В качестве основных объектов исследования выбраны мерзлотные почвы водораздельного пространства, слагающие территорию промышленной площадки НГОКа – криоземы гомогенные разной степени оглеения.

Аналитические исследования почв производились в лаборатории физико-химических методов анализа общепринятыми в почвоведении методами.

Сорбционная способность почвенного материала способствует оценке химического загрязнения почв, а также определяет устойчивость почв к химическому загрязнению. Чем выше сорбционная способность, тем ниже устойчивость почв к химическому загрязнению.

В силу различного почвенного генезиса каждый генетический горизонт обладает своей сорбционной способностью, а, следовательно, и различной степенью химического загрязнения. Основными параметрами, характеризующими сорбционную способность, являются гранулометрический состав, содержание и характер органического вещества и значения pH.

Почвы исследуемой площадки характеризуются суглинистым и глинистым гранулометрическим составом с преобладанием среднепылевой и мелкопылевой фракции, обладающей высокой сорбционной способностью, что объясняет накопление микроэлементов в данном типе почвы.

Гумус так же обладает высокой способностью сорбировать и образовывать труднорастворимые комплексы со многими микроэлементами. В верхних органогенных горизонтах почв промышленной площадки НГОКа среднее содержание гумуса варьирует в пределах 4,5–12,8%, в минеральной части содержание органики значительно ниже – 0,2–3,1%.

Следовательно, органогенные горизонты почв промышленной площадки обладают высокой сорбционной способностью. Органогенные горизонты почв промышленной площадки НГОКа характеризуются, как правило, слабокислой или нейтральной рН, которая меняется в слабощелочную сторону в минеральной части почвенного профиля. При этом такие микроэлементы, как Cu, Co, Ni, Cr, Pb и Zn обладают меньшей подвижностью с рН соосаждения 5,2–6,8. Следовательно, происходит сорбция этих элементов в поверхностных органогенных горизонтах. Выявлена высокая зависимость накопления Cd и Mn от величины и степени разложения органического вещества с коэффициентами корреляции, варьирующими в пределах 0,86–0,88; As и Pb – от количества физической глины $r=0,51-0,61$. Остальные определяемые элементы в разной степени реагируют на изменение кислотно-щелочных условий.

В целом анализ представленных показателей характеризуют высокую сорбционную способность мерзлотных почв Ханья-Накынского междуречья, а, следовательно, они характеризуются низкой устойчивостью к химическому загрязнению. Наиболее высокой сорбционной способностью обладают верхние генетические горизонты, являющиеся более загрязненными, где прослеживаются максимальные концентрации большого спектра микроэлементов.

УДК 543.054:542

АНАЛИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Завгородняя Ю.А.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, zuu99@mail.ru

Активное применение углеводородного сырья в городах и мегаполисах требует постоянного и эффективного контроля за распространением углеводородов от мест их использования. Однако до настоящего времени задача дифференцированного подхода к нормированию загрязнения углеводородами городских почв не решена. Наиболее часто проводится лишь определение суммарного содержания углеводородов в почве без детального анализа отдельных фракций, хотя известно, что их действие на функционирование экосистемы и уровень токсичности для организма человека различны.

Верхние горизонты городских почв, обогащенные органическим веществом, становятся первым барьером на пути распространения органических поллютантов и основной зоной их депонирования. Высокая доля

нативных углеводов в таких горизонтах осложняет количественную оценку техногенного загрязнения, особенно низкоуровневого. В таких случаях возрастает роль методов, позволяющих осуществлять качественную идентификацию органических соединений и диагностировать их источник. Тщательное детектирование динамики накопления техногенных углеводов в верхних слоях почв необходимо при планировании проведения озеленительных и рекультивационных работ, частоты отчуждения искусственных газонных грунтов.

Важную роль в изменении углеводородного состояния почв играют процессы трансформации нефтепродуктов в почвенном профиле. После поступления в почву с течением времени происходит перераспределение углеводов по степени связи с почвенной матрицей и, соответственно, по степени биодоступности и миграционной способности. В городских условиях при комплексном загрязнении различия в составе поступающих фракций углеводов повышают разнообразие протекающих процессов закрепления и перераспределения углеводов в почвах. Возможность получения в рамках одной аналитической процедуры информации о наборе углеводородных фракций, различающихся по химическому строению и степени подвижности в почве, расширяет возможности мониторинга экологического состояния городских экосистем.

В предлагаемых на настоящий момент методиках исследования углеводородного загрязнения почв, в том числе в тех, в которых предполагается использование современных инструментальных способов экстракции, процедура обработки растворителями направлена на максимально полное извлечение из почвы всех органических соединений. При этом, как правило, используется один тип растворителя. Комбинирование экстрагентов, использование серии обработок почвы растворителями различной полярности расширит возможности последующего детектирования, облегчит очистку экстрактов, увеличит набор органических соединений, определяемых в ходе одной аналитической процедуры, позволит проводить групповой анализ углеводов, дающий представление не только об их строении, но и о степени трансформации и закрепления на органо-минеральной почвенной матрице.

На основании проведенных исследований предложена схема анализа углеводородного состояния почв, включающая: проведение последовательного селективного выделения из одного почвенного образца набора фракций углеводов с использованием метода автоматической ускоренной экстракции органическими растворителями в субкритических условиях; анализ полученных фракций методами газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофлуориметрии и масс-спек-

трометрии для получения максимально полной информации о содержании и составе всех групп углеводов в исследуемой почве в целях диагностики ее экологического состояния.

Разработанные методические рекомендации могут быть применены для анализа почв и грунтов в состоянии естественной влажности с разным гранулометрическим составом и разным содержанием органического вещества при величинах углеводородного загрязнения 20–3000 мг/кг. В рамках одной аналитической процедуры может быть определено количественное содержание широкого набора углеводородных фракций и индивидуальных углеводов – от летучих низкомолекулярных углеводов до тяжелых нафтенов и полиароматических углеводов, а также продуктов их деструкции в почве. Методика позволяет диагностировать степень трансформации углеводородного загрязнения в почве, получать информацию о распределении углеводов по степени связи с почвенной матрицей.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы. Госконтракт №14.740.11.0640

УДК: 592:574.23

ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ПОЧВАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Зенкова И. В.

*Институт проблем промышленной экологии Севера, Кольский НЦ РАН,
Апатиты, zenkova@inep.ksc.ru*

В полевом опыте исследовано воздействие средних (3 л/м²) и высоких (10 л/м²) доз нефтепродуктов (бензина, Б; дизельного топлива, ДТ; газового конденсата, ГК; мазута, М) на фауну лесных и окультуренных подзолов Мурманской области.

Установлено снижение токсичности исследованных нефтепродуктов (НП) для беспозвоночных в направлении: ГК, средняя концентрация → смесь легких и тяжелых углеводов (ДТ + Б + М), высокая концентрация → ДТ, высокая концентрация → смесь легких углеводов (ДТ + Б), средняя концентрация → смесь легких и тяжелых углеводов (ДТ + Б + М), средняя концентрация.

Обработка почвы ДТ (10 л/м²), ГК (3 л/м²) и смесью ДТ + Б (3 л/м²) вызвала гибель всех групп фауны в первые сутки при сохранении токсического

го эффекта до 10–12 дней. Сильное токсическое действие легких углеводов объясняется их летучестью и интенсивным испарением с поверхности почвы сразу после внесения. Типичные для агроземов нематоды, энхитреиды, личинки двукрылых, микроартроподы (коллемболы, панцирные и мезостигматические клещи) встречались в агроземе лишь при остаточном содержании ГК, равном 0.02 г/кг. Внесение смеси ДТ + Б в средней дозе было менее токсичным для микроартропод: они заселяли агрозем с содержанием 2.5 г/кг, нематоды и личинки двукрылых – только после снижения концентрации до 0.4 г/кг. В случае с ДТ (10 л/м²) энхитреиды обнаруживались в агроземе при остаточном содержании 3.2 г/кг, нематоды и личинки двукрылых сохраняли жизнеспособность при 17–20 г/кг. Микроартроподы отсутствовали в почве при таких концентрациях ДТ.

Лесной подзол беспозвоночные колонизировали раньше и при более высоких концентрациях ГК по сравнению с агроземом. Это объясняется буферностью, защитными свойствами и более высокой плотностью и таксономическим разнообразием фауны лесной подстилки по сравнению с пахотным горизонтом. Дождевые черви, пауки, многоножки встречались при содержании ГК 0.7 г/кг, энхитреиды, личинки двукрылых, коллемболы, клещи краснотелковые – 1.2, мягкотелки, стафилиниды, клещи панцирные и мезостигматические – 7.7–8.4 г/кг.

Увеличению скорости деструкции НП способствовали известкование, внесение минеральных и органических удобрений, сорбента на основе вермикулита и бактериального препарата (4 штамма углеводородокисляющих бактерий рода *Pseudomonas*).

При загрязнении окультуренной почвы смесью легких углеводов (ДТ + Б) в средней концентрации положительный эффект в виде увеличения численности и разнообразия сапрофагов и микробофагов (нематод, энхитреид, панцирных клещей, коллембол) получен от применения сорбента и бакпрепарата. Однократное внесение бакпрепарата вызывает кратковременное возрастание показателей фауны, но не приводит к ее более быстрому восстановлению. Добавление бакпрепарата в почву с высокой дозой ДТ, напротив, усиливает токсическое воздействие поллютанта: почва остается дефаунизированной весь период вегетации. Наиболее эффективно снижает токсичность данного НП для животных и способствует восстановлению фауны при уровне загрязнения 20 г/кг внесение удобрений (NPK + раствор коровяка) и известкование.

Несмотря на явный положительный эффект примененных способов рекультивации, ни в одном из вариантов полевого опыта по загрязнению лесного и окультуренного подзола нефтепродуктами численность и так-

сономический состав почвенной фауны не восстановились до контрольного уровня в течение вегетационного сезона. В лесных подзолах обработанных ГК, этот процесс продолжался более трех лет.

Результаты зоологических исследований подтверждают выводы микробиологов о том, что для процессов самоочищения и восстановления биологической активности почв достаточно стимулировать аборигенную микробиоту путем внесения удобрений без добавления бактериальных препаратов, либо вносить бакпрепарат регулярно, что довольно затратно. Следовательно, в почвах, загрязненных НП, беспозвоночные являются индикаторами степени токсичности и активности углеводородокисляющей микробиоты.

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО СВИНЦОМ И НЕФТЬЮ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО

Зубков Д.А.¹ Колесников С.И.²

¹ЮФУ, Ростов-на-Дону, dmitrei1989@mail.ru;

²ЮФУ, Ростов-на-Дону, kolesnikov@sfsedu.ru

В настоящее время одним из актуальных вопросов экологии и охраны природы стало исследование последствий загрязнения объектов окружающей среды различными химическими веществами. В том числе свинцом и нефтью. Проблеме загрязнения почв посвящено много научных работ. Однако и сейчас экологические последствия химического загрязнения почв изучены недостаточно. Первыми на загрязнение реагируют живые организмы и биологические свойства почвы. Знание особенностей воздействия химических веществ на биологические процессы в почве и механизмов устойчивости почв и растений к загрязнению должно стать основой для разработки методов предотвращения негативных последствий загрязнения. Цель работы – исследование влияния загрязнения чернозема обыкновенного оксидом свинца (II) и нефтью на рост и развитие озимой пшеницы и ярового ячменя. Опытные делянки закладывали согласно общепринятой методике проведения полевого опыта в Ботаническом саду ЮФУ (г. Ростов-на-Дону) в августе 2007 г. Делянки площадью 1 м² с промежутками между делянками 0,5 м. Оксид свинца (II) вносили в дозах 25, 50, 100, 250, 500 и 1000 мг/кг почвы. Нефть вносили в количестве 0,25; 0,5, 1,0; 2,5; 5,0; 10,0% от массы почвы. После закладки опытных делянок через 1 месяц их засеяли озимой пшеницей (сорт Дончанка) согласно общепринятой техно-

логии из расчета 200 зерен на делянку. Показатели состояния озимой пшеницы определяли в июле 2008 года. Посев на эти же делянки повторили. В 2009 году определяли показатели состояния ячменя ярового, а в 2010 – озимой пшеницы. Исследования проводились по следующим показателям. 1. Морфометрические показатели: высота растения, мм, высота колоса с остями, мм, высота колоса без остей, мм, высота соломины, мм, высота ости колоса, мм, количество зерен в колосе, шт., урожайность г/м². 2. Компоненты структуры урожая: число растений на 1 м², шт, общая биомасса, г, масса соломы, г, масса 100 зерен, г, отношение зерно/солома. Как следует из результатов исследования, загрязнение почвы даже значительными количествами свинца (фон + 1000 мг/кг) практически не оказало воздействия на морфологические показатели состояния вегетативных органов озимой пшеницы. Полученные результаты подтвердили закономерность, что генеративные органы растений подвергаются негативному воздействию загрязняющих веществ в большей степени, чем вегетативные. Превышение содержания свинца в черноземе обыкновенном в количестве 25 мг/кг, а содержание нефти 0,25% от массы почвы, уже нельзя считать экологически безопасными (допустимыми), так как они вызывают значительное нарушение роста и развития растений, а свинец, кроме того, в больших количествах поступает в зерно и солому. В отличие от загрязнения свинцом нефть даже в минимальных дозах оказала значительное влияние, как на генеративные, так и на вегетативные органы растений. Генеративные органы также пострадали в большей степени, чем вегетативные. Содержание нефти в черноземе в количестве 0,25% уже привело к ухудшению показателей роста и развития озимой пшеницы, а 10% нефти в почве полностью препятствовало развитию растений.

УДК 502/504

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

Капралова О.А.

Биолого-почвенный факультет Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

Анализ экологического состояния городов показывает, что содержание и объем экологических нарушений зависит от величины населенного пункта, его географического положения, величины и отрасли ведущих промпредприятий (Романова, 2004).

Совершенно очевидно, что сосредоточение промышленности, автотранспорта и муниципальных отходов в городах ведет к образованию в городских почвах техногенных аномалий тяжелых металлов (ТМ). В зависимости от структуры (состава) и интенсивности движения автотранспорта на автомагистралях и в районе перекрестков в атмосферном воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях формируются поля максимальных разовых концентраций вредных веществ (Коровина, 2009).

Аномальные зоны металлов в почвах – это участки наиболее интенсивного воздействия на городскую среду, они служат индикаторами техногенного загрязнения и представляют опасность для растений, животных и человека, особенно детей.

В качестве объектов данного исследования были использованы почвы Ростова-на-Дону. Этот город является мегаполисом с населением свыше 1 млн 48 тыс. человек (2010 год), крупным промышленным центром юга России. Главными отраслями промышленности города являются машиностроение (ОАО «Ростсельмаш», ОАО «Роствертол», ООО «Алмаз», ООО «Горизонт», ОАО «Десятый подшипниковый завод» (ГПЗ-10), пищевая («Ростпродмаш», «Регата», «Тавр»), химическая («Эмпилс»).

Исследованию подвергались почвы следующих городских ландшафтов с учетом их функциональной нагрузки: промзон, автомобильных перекрестков (авторазвязок) и парковых зон.

В результате исследования было установлено, что концентрация подвижной формы всех изучаемых тяжелых металлов цинка, меди, свинца и никеля существенно превышает значения предельно допустимой концентрации (ПДК). Максимальное превышение ПДК-2462 мг/кг (в 37 раз) было зафиксировано для цинка в районе завода «Эмпилс», крупнейшего российского производителя декоративных лакокрасочных покрытий и оксида цинка (цинковых белил), расположенного в центре города. Также превышение ПДК для цинка было зафиксировано во всех других образцах, включая образцы из парковых зон (парк «Плевен» – 92 мг/кг, парк «Дружба» – 100 мг/кг, парк «Осенний» – 133 мг/кг, парк ДГТУ – 437 мг/кг, парк Островского – 434 мг/кг.

Максимальное превышение ПДК (в 2,7 раза) было зафиксировано для меди в районе завода «Эмпилс» – 82,3 мг/кг, также высокое содержание меди в районе завода «Молот» – 71 мг/кг, на авторазвязке Нагибина/Нариманова – 70,1 мг/кг, где транспортный поток один из самых высоких в городе.

Максимальное превышение ПДК (в 4 раза) было зафиксировано для свинца в районе завода «Эмпилс» – 82,9 мг/кг, и на загруженных

транспортным движением автомобильным развязках – на площади Гагарина – 60,7 мг/кг, на пересечении улицы Мечникова и проспекта Буденновского – 63,9, пересечении улиц Добровольского и Королева – 59,9 мг/кг.

Была проведена сравнительная оценка содержания ТМ в почвах разных функциональных зон города: промышленные зоны > авторазвязки > парки.

В результате исследования были выявлены приоритетные ТМ-загрязнители для почв Ростова-на-Дону: $Co > Zn > As > Pb > Cu > Ni$.

В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы. Как правило, наблюдалось снижение всех исследованных биологических показателей.

Большинство из использованных биологических показателей являются информативными для мониторинга состояния городских почв, загрязненных ТМ. По степени информативности биологические показатели образуют следующий ряд: активность каталазы > длина корней редиса > активность дегидрогеназы > обилие бактерий рода *Azotobacter* > всхожесть семян редиса > длина побега редиса.

УДК 631.417.7:547.91(571.63)

НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Качур А.Н., Макаревич Р.А.

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, mak@tig.dvo.ru

Охрана почв от загрязнения нефтепродуктами требует разработки нормативов, учитывающих природные концентрации нефтяных углеводородов (далее НУ) в почвах различных регионов. Выполнено масштабное исследование НУ в почвах природных и антропогенных ландшафтов Приморья. Количественные оценки НУ получены методом инфракрасной спектроскопии при их экстракции четыреххлористым углеродом. Весенне-летнее обследование 91 почвы хвойно-широколиственных и широколиственных лесов западного макросклона Сихотэ-Алиня и южной части Приморского края показало, что концентрации НУ в них варьируют от 6 до 247 мг/кг (среднее составляет 36 ± 3 мг/кг, коэффициент вариации 89%). При этом в буроземах типичных (35 почв) содержание НУ изменяется от 9 до 247 мг/кг (среднее 46 ± 7 мг/кг, коэффициент вариации 94%). В буроземах оподзо-

ленных (18 почв) концентрации НУ колеблются от 10 до 97 мг/кг (среднее 35 ± 4 мг/кг, коэффициент вариации 54%). Буроземы глеевые и глееватые (7 почв) содержат от 11 до 31 мг/кг (среднее 24 ± 3 мг/кг, коэффициент вариации 32%). В 28 текстурно-метаморфических почвах количества НУ изменяются от 6 до 75 мг/кг (среднее 22 ± 2 мг/кг, коэффициент вариации 60%). Три желто-буроземные почвы содержат 59–103 мг/кг НУ (среднее 78 ± 13 мг/кг, коэффициент вариации 29%). Диапазон концентраций НУ в предгорных и низинных почвах (90 почв) составляет 7–205 мг/кг (среднее 35 ± 3 мг/кг, коэффициенте вариации 87%). Из них 7 текстурно-метаморфических почв содержат НУ 9–52 мг/кг (среднее 21 ± 6 мг/кг, коэффициент вариации 71%). В 44 луговых почвах концентрации НУ варьируют в диапазоне 10–179 мг/кг (среднее 35 ± 5 мг/кг, коэффициент вариации 88%). Болотные почвы (14 почв) содержат 7–205 мг/кг НУ (среднее равно 43 ± 13 мг/кг, коэффициент вариации 115%). В 25 аллювиальных почвах диапазон концентраций НУ составляет 13–93 мг/кг (среднее 37 ± 4 мг/кг, коэффициент вариации 56%). В пахотных горизонтах агроземов (55 почв) содержание НУ колеблется от 6 до 875 мг/кг (среднее 61 ± 19 мг/кг, коэффициент вариации 228%). Из них буроземы оподзоленные (5 почв) содержат 10–95 мг/кг НУ (среднее 28 ± 17 мг/кг, коэффициент вариации 135%); текстурно-метаморфические (29 почв) – 6–60 мг/кг (среднее 23 ± 2 мг/кг, коэффициент вариации 54%); луговые (13 почв) – 11–875 мг/кг (среднее 161 ± 73 мг/кг, коэффициент вариации 163%) и аллювиальные (8 почв) – 16–227 мг/кг (среднее 57 ± 25 мг/кг, коэффициент вариации 125%). Концентрации НУ в буроземах широколиственных лесов юго-восточной части Приморья (52 почвы, осеннее обследование) варьируют от 9 до 255 мг/кг (среднее 60 ± 6 мг/кг, коэффициент вариации 78%). При этом буроземы типичные (29 почв) содержат 9–176 мг/кг НУ (среднее 52 ± 6 мг/кг, коэффициент вариации 67%); буроземы дерновые (23 почвы) содержат 12–255 мг/кг НУ (среднее 69 ± 12 мг/кг, коэффициент вариации 84%). В 17-ти луговых почвах количества НУ варьируют от 18 до 148 мг/кг (среднее 66 ± 9 мг/кг, коэффициент вариации 59%).

УДК 631.41:504.5

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СВОЙСТВА АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ ПРИБАЙКАЛЬЯ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФТОРИДАМИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ковалева Н.Н.

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск,
agroeco@sifibr.irk.ru*

Современное воздействие техногенеза на окружающую среду связано с загрязнением почв токсичными соединениями. Для пахотных почв Прибайкалья наиболее актуальной проблемой является загрязнение выбросами алюминиевого производства, в которых преобладают фториды натрия. Для выявления отдаленных последствий их воздействия на физико-химические свойства агросерой почвы проводился полевой опыт моделирования высоких уровней загрязнения. Опыт был заложен на незагрязненной почве (контроль) и техногенно загрязненной 6 ПДК (фон), в которую дополнительно вносили фторид натрия в дозах 1000 и 3000 мг F/kg почвы. Внесение в почву NaF повышало содержание фторидов до 31 и 66 ПДК. Соответственно степень их подвижности (СП) достигала 21 и 26, против 7% в фоновом варианте. В варианте с высокой дозой NaF в качестве ремедианта вносили торф из расчета 120 т/га и гипс с учетом содержания обменного натрия. При ремедиации загрязненной 66 ПДК почвы, содержание водорастворимых фторидов снижалось до 30 ПДК, а СП до 11%, что связано с образованием труднорастворимого флюорита.

Исследуемые почвы, независимо от уровня загрязнения, по гранулометрическому составу относились к средним суглинкам. Однако, если в незагрязненной и загрязненной 6 ПДК почвах агрегатный состав различался незначительно, то в почвах с содержанием фторидов 31 и 66 ПДК доля агрономически ценных фракций снижалась соответственно на 48 и 58%. Коэффициент структурности уменьшался (0.6 и 0.4, против 5.7 в загрязненной 6 ПДК). Происходило уплотнение почвы; глыбистая фракция увеличивалась на 52 и 62%. Степень агрегированности по Бейверу (A_r) снижалась в ряду почв 6 ПДК < 31 ПДК < 66 ПДК (56, 30 и 2%). Повышение коэффициента дисперсности (соответственно 6, 9 и 23%) сопровождалось уменьшением прочности микроструктуры – от «высокой» до «хорошей». Изменения приводили к ухудшению водно-физических свойств, особенно в сильно загрязненной почве. Внесение гипса и торфа на 54% повышало долю агрономически ценных агрегатов. Увеличивались показатели коэффициента структурности (4.2 против 0.4) и A_r (26 против 2%). Изменения, вероятно, обу-

словлены действием гипса, благодаря замещению в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) ионов Na^+ на Ca^{2+} , и оструктуриванию почвы за счет клеящей способности органического вещества торфа.

Негативное действие NaF на химические свойства почв в основном обусловлено изменениями в ППК. По сравнению с фоном в загрязненных 31 и 66 ПДК почвах происходило снижение суммы кальция и магния с 16.2 до 15.7 и 10.4 ммоль-экв/100 г. В результате доля натрия в составе обменных оснований повышалась с 0.4 до 4.1 и 11.1 ммоль-экв/100 г, что приводило к подщелачиванию почвы. Внесение гипса и торфа повышало содержания гумуса, ионов кальция и магния, но снижало обменный натрий.

Оценивая показатель буферности почв по отношению к фторидам, который интегрально характеризует изменения химических свойств ($B_{\text{NaF}} = [C_{\text{общ}} \cdot (C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}) \cdot \text{ЕКО}] / \text{Na}_{\text{обм}} \cdot \text{СП}$), выявили его снижение в 31 и 66 ПДК почвах (2 и 0.4, против 42 в фоновом варианте). Изменения происходили за счет повышения СП фторидов и обменного натрия. Ремедиация способствовала снижению показателей, однако в целом оказалась малоэффективной.

Изменения физико-химических свойств агросерой почвы Прибайкалья в условиях высокого уровня загрязнения фторидами свидетельствуют о возможных негативных отдаленных последствиях. Необходим контроль за продолжающимся загрязнением и разработка эффективных способов ремедиации.

УДК 631.4

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ НА ТЕРРИТОРИИ АЗС

Кокорина Н. Г.¹, Околелова А. А.²

¹Волжский политехнический институт (филиал ВолгГТУ), Волжский, KokorinaNG@yandex.ru;

²Волгоградский Государственный Технический Университет, Волгоград, allaokol@mail.ru

Авторами выявлена наибольшая сорбционная эффективность раствора хитозана в почвах легкого гранулометрического состава. Она обусловлена тем, что нефтепродукты проникают вглубь профиля в светло-каштановых песчаных почвах на глубину 10–15 см; в светло-каштановых глинистых – на 1–5 см; в аллювиальных песчаных – на 3,7–12,0 см. Раствор хитозана способен просачиваться в почвенный

профиль на большую глубину: в светло-каштановой песчаной почве на 17–20 см; в светло-каштановой глинистой – на 10–15; в аллювиальной песчаной – на 9,0–14,0 см. Ранее нами было установлены условия и способы применения сорбента, как в мелко измельченном виде, так и в форме вязко-текучего суспензионного раствора [3]. В ходе модельно-полевых опытов авторами была определена длительность ферментной деструкции хитозана в светло-каштановых и аллювиальных почвах. Установлено, что на глубине от 10 до 100 см деструкция чистого сорбента происходит за 4 месяца в светло-каштановых почвах, за 2 – в аллювиальных; а деструкция хитозана с нефтепродуктами – соответственно за 6 и 8 месяцев. Интенсивность деструкции сорбента зависит от метеорологических условий (температуры и влажности), количества внесенного сорбента и типа почв. Правомерность наших данных подтверждена исследованиями других авторов [1, 2].

Для ликвидации и предупреждения аварийного разлива нефтепродуктов предлагаем равномерно распределять твердо измельченный сорбент по поверхности нефтезагрязненной светло-каштановой глинистой почвы. Для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на светло-каштановых песчаных почвах целесообразно применять 0,1% раствор хитозана. Наносить его лучше с помощью распылителей или опрыскивателей.

Для предупреждения разлива нефтепродуктов и их последующей миграции в почву при строительстве АЗС предлагаем создавать сорбционный барьер. Он представляет собой последовательное чередование слоев: крупного кварцевого песка, хитозана, песка речного, хитозана, мелкого песка, хитозана. Особенностью сорбционных барьеров служит вертикальная изоляция слоев по всему профилю, которая препятствует миграции нефтепродуктов. При строительстве небольших нефтебаз под баками временного хранения нефтепродуктов наиболее оправдано применение дополнительного барьера из последовательно чередующихся двух–трех слоев мелкого песка и хитозана. При создании сорбционного барьера на глубине около одного метра и глубже деструкции хитозана под действием ферментов и микроорганизмов фактически не будет, так как там практически не содержатся микобактерии. Мы предлагаем в качестве сырья применять отходы жабронога, образующиеся при очистке турбин Волжской ГЭС (объект № 5), которые составляют около 100 т/год. В настоящее время отходы используют в качестве добавки к корму для малька и крупных рыб на осетровом заводе, находящемся в нижней части ГЭС.

Список литературы

1. Таскаев, А. И. и [др.]. Биорекультивация на Севере. Основные результаты исследования / А. И. Таскаев, М. Ю. Маркарова // Экологические работы на месторождениях нефти Тимано – Печерской провинции. Состояние и перспективы: Матер. III научно.-практ. конф. – Ухта, 2004, – с. 95–99.
2. Денисов, Е. П. и [др.]. Изменение экологического равновесия почв, загрязненных нефтепродуктами и пластовой жидкостью / Е. П. Денисов, В. А. Бурлаке, И. В. Бурлаке // Вести Саратовского государственного университета им. Вавилова. – 2008, № 2. – с. 25–27.
3. Кокорина, Н. Г. Эффективный способ очистки почв от нефтепродуктов / Н. Г. Кокорина, А. А. Околелова, А. Б. Голованчиков // «Плодородие». – 2009. – № 6. – С. 51–53.

УДК 631.46

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЮГА РОССИИ
К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
(В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ)**

Колесников С.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, kolesnikov@sfedu.ru

Почвенный покров юга России характеризуется уникальным разнообразием почв, значительно различающихся по эколого-генетическим свойствам, а соответственно и по устойчивости к антропогенным воздействиям, в том числе к загрязнению тяжелыми металлами. Цель работы – дать сравнительную оценку устойчивости биологических свойств основных почв юга России к загрязнению тяжелыми металлами (в модельных экспериментах).

Для модельных опытов использовали почву из слоя 0–25 см. Моделировали загрязнение почвы Cr, Cu, Ni, Pb в дозах 100, 1000 и 10000 мг/кг. Металлы вносили в почву в форме оксидов: CrO₃, CuO, NiO, PbO. Через 30 суток после загрязнения определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели.

В результате исследования было установлено, что по степени устойчивости биологических свойств к загрязнению тяжелыми металлами почвы юга России располагаются следующим образом: черноземы обыкновенные, черноземы обыкновенные (североприазовские), черноземы обыкновенные (предкавказские) > черноземы типичные (горные), черноземы типичные (предгорные) > черноземы типичные (предкавказские), черно-

земы южные, черноземы южные (каштановые) > черноземы выщелоченные слитые, дерново-карбонатные почвы (рендзины), темно-каштановые почвы, каштановые почвы > светло-каштановые почвы, горно-луговые (субальпийские) почвы, серые горно-лесные почвы > бурые полупустынные почвы, бурые горно-лесные почвы, солонцы, солончаки > песчаные почвы степной зоны (серопески), песчаные почвы сухостепной зоны (каштанопески), песчаные почвы полупустынной зоны (буропески).

Установленная последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв, прежде всего, гранулометрическим составом, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями, содержанием органического вещества, биологической активностью.

Для ряда почв юга России предложены количественные ориентиры региональных нормативов содержания в почве тяжелых металлов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (гранты 07-04-00690-а, 07-04-10132-к, 08-04-10080-к), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (госконтракты П169, П1298, П322, 16.740.11.0528), Президента РФ (гранты МД-3155.2007.4, НШ-5316.2010.4).

УДК 631.4

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСТЕНИЙ

Комаров А.А.¹, Комаров А.А.², Пермяков Е.Г.²

¹*АФИ, Санкт-Петербург, e-mail: Zelenydar@mail.ru;*

²*ЛенНИИЛХ, п.Белогорка, Ленинградская обл.*

Для оценки обеспеченности почв элементами питания используются методы агрохимического обследования почв, почвенной и растительной диагностики. Однако агрохимическое обследование дает отсроченные результаты, не позволяющие оптимизировать питание растений сразу же. Кроме того, наличие тех или иных элементов питания в почве не всегда обеспечивает поступление их в растение. Последнее проявляется за счет связывания отдельных элементов питания в почве, антагонизма ионов, неодинаковой потребности возделываемых растений в питательных элементах, изменении погодных условий и свойств почвы. Почвенная диагностика питания растений с помощью ионоселективных электродов и других методов хоть и обеспечивает экспрессное получение результатов анализов, однако не всегда отражает реальные потребности растений в тех или иных элементах питания. Наиболее корректные результаты оптимизации питания растений обеспечивает

растительная диагностика, которую подразделяют на визуальную и химическую. Визуальная диагностика является наиболее простым методом, который не требует специального оборудования. Однако выраженные внешние признаки нарушения питания растений проявляются зачастую тогда, когда корректуру питания производить уже поздно. Химическая диагностика минерального питания позволяет определить химический состав растений в конкретный момент анализа. Однако зачастую элементы питания в различных органах и тканях накапливаются не вследствие их необходимости для роста и развития растений. Эти и другие факторы ограничивает оперативность и корректность перечисленных методов диагностики.

Метод функциональной диагностики состояния растений относится к качественным методам анализа. Он апробирован нами при возделывании основных культур открытого и защищенного грунта в 2010–2011 г в условиях Ленинградской, Новгородской, Псковской и др. областей. Особенность метода состоит в том, что он позволяет оперативно, в течение всего одного часа, определить потребность растений в 12–15 макро- и микроэлементах. Проведение всех анализов обеспечивает мини-лаборатория, которая позволяет проводить диагностику автономно, даже в полевых условиях. Метод функциональной диагностики основан не на опосредованной химической или физико-химической оценке содержания элементов питания в ткани растений, а непосредственно определяет потребность растения в данный момент в том или ином элементе питания. Причем потребность растений в элементах питания оценивается по интенсивности физиолого-биохимических процессов. Метод позволяет определить фотохимическую активность суспензии хлоропластов, полученной из средней пробы листьев диагностируемых растений. Потребность растения в том или ином элементе питания оценивается при изменении активности хлоропластов в ответ на добавку в ранее приготовленную суспензию хлоропластов оцениваемого элемента. В случае повышения фотохимической активности суспензии хлоропластов в ответ на вводимый элемент, делается вывод о его недостатке, а при снижении показателя – об избытке. Таким образом по ответной реакции растений на элементы питания можно прогнозировать сценарий эффективности применения удобрений. Разность между содержанием элементов питания в почве и результатами функциональной диагностики позволяет оценить доступность тех или иных элементов питания для каждого вида, а в некоторых случаях – и сорта культивируемых растений. Функциональная диагностика состояния растений позволяет развивать методы исследования загрязненных тяжелыми металлами почв, по новому акцентировать вопросы аккумуляции, трансформации и миграции загрязняющих веществ в почвах.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ КИСЛОТНОЙ НАГРУЗКИ НА ПАХОТНЫЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Кондратьева М.А., Соболева А.А.

ФГБОУ ВПО Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Kf.pochv.pgsh@yandex.ru

Обоснование предельно допустимых норм техногенных нагрузок является важной составляющей организации системы мониторинга. Для определения критических нагрузок, как правило, используются уравнения масс-баланса элементов в почвах. Однако, входящие в модели параметры не всегда надежны, а количество их ограничено. Это объясняет необходимость экспериментального подтверждения результатов моделирования. По имеющимся в литературе данным, пороговые значения протонной нагрузки для дерново-подзолистых почв оцениваются от 2 до 6 кг-экв/га в год.

Объектом нашего исследования были дерново-подзолистые пахотные почвы, на долю которых в Пермском крае приходится 70% площади пашни. Образцы почв для исследования были отобраны в Соликамском, Кунгурском, Чусовском, Пермском районах Пермского края. Почвы имели различный гранулометрический состав и нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды. В пахотных горизонтах данных почв методом Аррениуса изучались буферные свойства по отношению к протонной нагрузке. В данном случае нами использовались растворы HCl с нормальностью от 0,005 до 0,05. На основании кривых титрования почв определялась емкость буферной зоны в диапазоне pH от начальной точки титрования (НТТ) до значения 5,5, которая изменяется от 5 ммоль/кг в песчаных почвах до 30 ммоль/кг в тяжелосуглинистых. Расчетным путем было также определено количество поглощенных почвой протонов водорода в данном интервале pH. Расчеты показали, что в заданном диапазоне pH происходит почти полное поглощение всех добавленных протонов водорода (99,9%).

Полученные результаты были использованы для определения величины протонной нагрузки на данные почвы. В качестве допустимой кислотной нагрузки рассматривали количество протонов водорода, которое может быть поглощено слоем почвы мощностью 25 см (мощность пахотного горизонта) на площади 1 га в интервале pH от исходной точки титрования до 5,5. Как правило, в подобных исследованиях критический уровень кислотности принимается на уровне $pH \leq 4,5$, при котором переходят в

раствор токсичные для биоты минеральные и органико-минеральные комплексы и соединения алюминия. Однако, для пахотных почв этот уровень кислотности неприемлем, в связи с чем, в качестве допустимого уровня рН было принято значение 5,5 как предельно низкое для большинства сельскохозяйственных культур.

Рассчитанная нагрузка на пахотный слой составила от 0,15 кмоль/га для почв легкого гранулометрического состава до 0,90 кмоль/га для тяжелосуглинистых почв. Для сравнения, протонная нагрузка, обусловленная атмосферными осадками с фоновым значением рН=5,6 при годовом количестве 500 мл, оценивается немногим более 0,01 кмоль/га. При подкислении осадков до рН=4,5 нагрузка возрастет до 0,16 кмоль/га, при этом буферный потенциал почв легкого гранулометрического состава в данном интервале рН окажется исчерпанным.

Таким образом, при данном подходе мы получили значения допустимой нагрузки на дерново-подзолистые почвы ниже расчетных данных.

УДК 631.4 (470.311)

ДИНАМИКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ВАО МОСКВЫ)

Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, natalk@mail.ru

Динамические наблюдения за основными индикационными параметрами почв, ответственными за их устойчивость к техногенным нагрузкам, самоочищающую способность и возможность накопления и (или) рассеивания поллютантов, являются основой системы почвенно-геохимического мониторинга в крупных городах, испытывающих интенсивное техногенное воздействие. В данной работе приводятся результаты многолетних почвенно-геохимических исследований, охватывающих 21-летний цикл натуральных наблюдений (1989–2010 гг.) по изучению динамики антропогенной трансформации физико-химических свойств городских почв и их влияния на накопление тяжелых металлов (ТМ). Изучалась южная, наиболее загрязненная часть территории ВАО Москвы, расположенная в пределах Подмосковной Мещеры, сложенной водноледниковыми песками и супесями. На территории округа развиты антропогенно преобразованные и искусственно созданные почвы на культурном слое, насыпных, переотложенных и перемещенных грунтах. На

территории округа проведено три почвенные съемки в 1989, 2005 и 2010 гг. и собрано более 250 образцов почв из двух верхних горизонтов (0–15 и 15–30 см). Физико-химические свойства городских и фоновых почв исследовались общепринятыми методами.

В результате установлено, что почвенный покров округа достаточно сильно изменен под воздействием антропогенных процессов, которые привели к геохимической трансформации физико-химических свойств городских почв. По основным физико-химическим показателям они уже не соответствуют своим зональным аналогам легкого гранулометрического состава. В почвах доминируют антропогенные процессы, приводящие к потере их основных экологических функций и способствующие деградации зонального почвообразовательного процесса. Сильнокислая и кислая реакция среды фоновых почв сменилась на слабокислую, нейтральную и щелочную. Доминирующий рН городских почв – нейтральный и щелочной, его средние значения составляют 7,8. Динамика реакции среды за рассматриваемый период указывает на дальнейшее развитие процесса подщелачивания почв, что связано с повышенным осаждением строительной пыли, содержащей карбонаты кальция и магния, и выпадением атмосферных осадков с высоким содержанием углекислоты. В результате в верхних горизонтах почв сформировался щелочной геохимический барьер, способствующий накоплению многих, в том числе токсичных ТМ.

По сравнению с фоном в почвах округа значительно выросли концентрации органических веществ и элементов питания растений, утяжелился гранулометрический состав. Это отразилось на величине емкости поглощения, которая в среднем увеличилась в 2,4–3,8 раза: с 23,2 до 37,2 мг-экв/100 г (при 9,8 мг-экв/100 г в гумусовом горизонте фоновых почв). В связи с использованием противогололедных смесей в поверхностных горизонтах почв резко возросли содержания легкорастворимых соединений и степень засоления за период наблюдений составила 0,4–0,8%. В составе поглощающего комплекса почв обнаружен катион натрия и степень их солонцеватости достигла 13–18%.

Физико-химические свойства почв различаются по зонам функционального назначения и характеризуются большой пространственной изменчивостью. Наиболее высокие средние значения и показатели вариабельности свойств установлены в почвах автомагистралей и промзон, старых жилых кварталов и внутрирайонных улиц. Наиболее низкие – в почвах новостроек и рекреаций. Динамика данных по срокам наблюдений обнаруживает те же закономерности в их распределении,

при этом однородность показателей в выборках со временем возрастает, что указывает на постепенное выравнивание свойств почв при антропогенном воздействии.

Выявленные многолетние антропогенные тренды физико-химических свойств почв должны учитываться при оценке и прогнозе загрязнения городских почв, поскольку они контролируют миграционную способность ТМ и их накопление на физико-химических барьерах. Полученные результаты позволят оптимизировать систему почвенно-геохимического мониторинга в городах.

УДК 631.53:546.16

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВОДОРАСТВОРИМОГО (В/Р) ФТОРА В ПОЧВАХ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

Крупкин П. И.

*ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»,
Красноярск, olesya.kovalenko@mail.ru*

На северо-восточной окраине г. Красноярска более полувека работал и работает алюминиевый завод, «Русал Красноярск», который ежегодно выбрасывал от 1635 до 2883 тонн газообразных и твердых фторидов.

Загрязненная территория представляет собой эллипс вытянутый с юго-запада на северо-восток на расстоянии до 30 км от источника загрязнения по розе ветров. Почвенный покров загрязненной территории представлен в основном высокоплодородными почвами: черноземы – 57%, пойменно-луговые и дерновые почвы – 23,6%, прочие почвы – 19,4%. Уровни загрязнения водорастворимым фтором изменяются по направлению от завода к периферии от очень высокого (более 50–70 мг/кг) до допустимого (5–10 мг/кг).

Для выяснения возможности использования загрязненных в/р фтором почв для получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции были проведены сопряженные исследования по определению количества в/р фтора в почве и количества фтора в товарной части с/х культур. На производственных полях и дачах по картограмме загрязнения подбирались участки с разным уровнем загрязнения почв в/р фтором (от допустимого до очень высокого) для каждой культуры. На этих участках отбирались смешанные образцы верхнего 20 см слоя почв и в строгом сопряжении с ними – смешанные образцы той или иной с/х культуры, в которых определялось количество токсиканта.

За исключением картофеля, овощей и ягод степень загрязнения всех изученных культур зависит от уровня загрязнения почв, что доказано величинами коэффициентов корреляции для разных культур (0,689–0,933) при 34–62 наблюдений для каждой культуры. Однако растения загрязняются в разной степени при одинаковом уровне загрязнения почв. Так, среди зерновых уровень загрязнения изменяется в следующем порядке: пшеница<ячмень<овес; среди многолетних трав: люцерна<волоснец<костер<природное разнотравье. Соответственно превышение допустимого уровня загрязнения люцерны, например, происходит при более высоком содержании в/р фтора в почве, чем у волоснеца, и так далее.

На основе полученной информации с применением корреляционного и регрессионного анализов разработаны шкалы зависимости степени загрязнения растений фтором при разном количестве в/р фтора в почве. Например, экологически чистое зерно пшеницы (количество фтора менее одного допустимого уровня и равного 2,5 мг/кг) получается при менее высоком среднем уровне загрязнения почв фтором (38 мг/кг); ячменя – при менее низком (12,5 мг/кг); овса – при менее допустимом (5–10 мг/кг). Эти шкалы позволяют определить (прогнозно) возможность возделывания той или иной культуры на почвах загрязненных фтором в разной степени.

Иная картина с картофелем, капустой, морковью, свеклой, огурцом, малиной, смородиной, ранетом. Каждая культура испытывалась на 24–69 площадках при количестве в/р фтора в почве под культурой от 0,1–2,4 до 62,5–135 мг/кг. В товарной продукции ни в одной культуре количество фтора не привысило допустимую степень загрязнения, даже на почвах с очень высоким уровнем загрязнения (под факелом ОАО «Русал Красноярск»). Следовательно загрязнение почв в/р фтором не является препятствием для возделывания картофеля, овощей и ягод.

Изложенное свидетельствует о возможности использования высокоплодородных почв загрязненных в/р фтором для получения экологически чистой по фтору продукции (количество фтора менее ДУ) путем подбора с-х культур в севооборотах и разбавления продукции заведомо чистой соответствующей продукцией.

**ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ПЛАТИНЫ
И НИКЕЛЯ В ПОЧВАХ ПОДТАЙГИ ПРИТОМЬЯ****Кулижский С.П., Лойко С.В., Истигечев Г.И.***Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, decan@bio.tsu.ru*

Стремительное развитие nanoиндустрии в ближайшие годы может привести к появлению нового типа ксенобиотиков – инертных частиц размером менее 100 нм устойчивых в окружающей среде и способных накапливаться в растениях и живых организмах, оказывая токсическое воздействие. В связи с этим становится актуальным изучение их поведения в почвах – основном депо загрязнителей в наземных экосистемах.

В качестве модельных веществ были выбраны наночастицы платины и никеля размерами 5 и 50 нм соответственно. Были выполнены две серии опытов. В первом изучались глубины миграции и аккумуляции в нативной супесчаной дерново-подзолистой почве подтайги Притомья, для чего через неё пропускалась суспензия наночастиц по стандартной методике, используемой при определении фильтрационных свойств. Объемы суспензий составляли 10 литров (исходя из годовой нормы промачивания почвы, составляющей около 300 л/м²) и были пропущены за один раз, при концентрации платины в 10 мг/л и никеля 40 мг/л. Распределение наночастиц определялось путем послонного (шаг в 5 см) отбора образцов до глубины 55 см с последующим определением валового содержания элементов. Миграционная способность наночастиц превзошла все ожидания. Так, около 65% наночастиц платины ушло за пределы слоя в 50 см, сформировав в самой верхней части иллювиального горизонта (50–55 см) аккумуляцию с содержанием платины порядка 35% от исходного, за пределы же изученной толщи (ниже 55 см) ушло около 30% наночастиц. Никель в силу большего размера и термодинамического потенциала наночастиц был практически весь задержан в пределах 55 см толщи почвы, обособив две зоны аккумуляции, увязанные с уменьшением объема порового пространства: в горизонте АУ (0–5 см) и нижней части горизонта АЕЛ (25–35 см).

Второй опыт заключался в изучении зависимости миграции наночастиц от физических и физико-химических свойств почвы. Для этого был выбран следующий ряд почвенных горизонтов, встречающихся на территории подтайги: АУ суглинистый; АУ супесчаный; АУ; АЕЛ; ЕЛ; ВТ. В первом опыте установлено, что наибольшее влияние на миграцию наночастиц оказывает геометрия порового пространства, поэтому дабы ис-

ключить влияние крупных биогенных пор использовались насыпные фильтрационные колонки, в которые материал набивали до естественной плотности, после чего производилось пропускание суспензий и сбор элюата, в котором определялось содержание элемента и выявлялась связь между характером миграции и свойствами почв.

Как и ранее, платина показала значительно лучшую миграцию, однако по сравнению с первым опытом по причине отсутствия крупных биогенных пор величина передвижения тех и других наночастиц оказалась на порядок ниже. Самая низкая величина миграции была характерна для горизонтов с большим содержанием органического вещества и насыщенностью основаниями ППК. Вероятно, ионы кальция выступают эффективным коагулятором, а органическое вещество, определяющее наличие тонких капилляров – сорбентом. В то же время достоверной связи с гранулометрическим составом обнаружено не было, но установлена взаимосвязь с количеством активных пор.

Таким образом, наночастицы благодаря сверхдисперсному состоянию проявляют феноменальную для коллоидных частиц в почвах миграционную способность, что позволяет их рассматривать как достаточно опасный вид загрязнителей, способный беспрепятственно и достаточно быстро проникать вглубь почвенного профиля. С другой стороны эта особенность может использоваться для их устранения из корнеобитаемого слоя почв путем промывки водой.

УДК 631.

ТРАНСЛОКАЦИЯ SR В РАСТЕНИЯ РАПСА В ПРОЦЕССЕ РАСТВОРЕНИЯ ОТХОДНОГО МЕЛА

Лаврищев А.В., Литвинович А.В., Павлова О.Ю.

*Агрофизический научно-исследовательский институт. Санкт-Петербург,
avlavr@rambler.ru*

В 22-вариантном вегетационном прецизионном опыте изучали масштабы накопления стабильного стронция при использовании в качестве мелиоранта конверсионного мела (АО «Акрон» г. Великий Новгород). Нейтрализующая способность мела 90%, содержание стабильного Sr – 1.5%.

В год применения мела выращивали рапс, на второй год – вику, на третий год ячмень, на 4–5 годы рапс. Рапс убирали в фазу цветения

Интервал доз мелиоранта от 0,1 до 3.0 Нг. Дозы мела 2...3Нг на практике применяются, однако такое скопление мелиоранта может иметь место при нормальных дозах в отдельных очагах.

Исследования показали, что полное растворение даже высоких доз мела завершилось на 3–4 год после его применения.

Известкование мелом приводит к увеличению содержания в почве доступных для растений соединений стабильного Sr. Возрастание концентрации стронция в большинстве вариантов продолжается до завершения эксперимента (4-й год последействия).

Доза вносимого мела оказывает решающее значение на накопление стронция растениями рапса. В год применения мелиоранта концентрация стронция в его тканях возрастала в зависимости от варианта от 22 до 245 мг/кг. Коэффициент накопления колебался от 1,8 до 8. Концентрация Sr в рапсе на 3-й год последействия колебалась от 110 до 1650 мг/кг, а коэффициент накопления от 7,5 до 23,3. На 4-й год последействия пределы накопления стронция в растениях составили от 487 до 1690 мг/кг воздушно-сухой массы растений, а коэффициенты накопления колебались от 10,4 до 34,1.

Следовательно, насыщенность растительных тканей рапса стронцием оказалась неодинаковой. Наибольшее количество элемента растения поглощали на 3–4 год последействия мела.

Кальций-стронциевое отношение в тканях рапса в год известкования колебалось от 126 до 435 ед, а на 3-й и 4-й годы последействия от 6 до 36 и от 7 до 11 ед. соответственно.

Приведённые материалы показывают, насколько по-разному может накапливать Sr одна и та же культура, выращенная в разные годы после применения мелиоранта, особенно при его неравномерном рассеве по поверхности поля.

УДК 628.516:504.54.062.4

ДЕТОКСИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Ладонин Д.В.¹, Крамарев С.М.², Кравченко К.А.³

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, ladonin@orc.ru;

²Институт сельского хозяйства степной зоны НААН Украины, Украина, Днепрпетровск, krataryov@uandex.ua;

³Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина, Днепрпетровск, imptorgservis@ukr.net

Украина относится к развитым государствам с мощным индустриальным потенциалом. Выросли крупные города, образовались крупные промышленные регионы с особо выраженной концентрацией промыш-

ленных объектов на относительно незначительных территориях, что определяет многочисленные и разнообразные выбросы в воздух, воду и почву. В почвенном покрове Украины доминирующее положение занимают черноземные почвы. По данным ННЦ Института почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского НААН Украины только 20% сельскохозяйственных угодий пригодны для выращивания экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Это связано с тем, что в этих почвах за счет выбросов промышленных предприятий накапливаются различные поллютанты. Главные загрязнители почв – энергетика, металлургия, угольная и химическая промышленность, производство строительных материалов, транспорт. Значительной концентрацией промышленных предприятий металлургического, химического, машиностроительного и перерабатывающего комплекса выделяется Донецко-Приднепровский регион. Предприятия этого региона ежегодно выбрасывают в атмосферу около 16 млн тонн вредных веществ, в результате чего около 20% пахотных земель Украины, по данным ННЦ Института почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского в той или иной мере загрязнены тяжелыми металлами (ТМ). За счет локальных загрязнений около промышленных предприятий создались техногенные зоны, которые характеризуются высоким уровнем содержания токсических веществ. В основном, максимальное содержание (ТМ) наблюдается в почвах, которые расположены в промышленной и прилегающей к ней зонах. Обычно такие почвы находятся на расстоянии 1–3 километров от источника выбросов. По мере отдаления от источника загрязнения содержание ТМ в почвах постепенно снижается и уже на расстоянии 15–20 км от него достигает фонового уровня или приближается к нему. Также сильно загрязнены почвы вдоль автострад. Так, максимальное накопление свинца, никеля и титана наблюдается на расстоянии 50 метров от автострад. Из загрязненной почвы по трофическим цепям ТМ поступают в растения, а затем в организм человека, вызывая возникновение в нем целого ряда патологических изменений в т. ч. и онкологические заболевания. На этих почвах необходимо провести специальные мероприятия по детоксикации подвижных форм ТМ. Сегодня известны многие способы снижения содержания в почвах подвижных форм ТМ: снятие и удаление верхнего загрязненного слоя почвы, вымывание с пахотного слоя подвижных форм этих поллютантов, проведение электрохимической ремедиации, внесение в почву органических удобрений, химическое осаждение солями ортофосфорной кислоты, фиторемедиация. Не все выше названные способы, за исключением внесения органических веществ и

фитоэкстракции могут быть использованы, поскольку требуют значительных финансовых вложений, а некоторые из них, например, электрохимическую ремедиацию вообще невозможно провести. Нами предложено и запатентовано два новых способа с помощью которых можно провести детоксикацию ТМ в техногенно загрязненных почвах. Эти способы прошли всестороннюю апробацию и используются в пригородных зонах промышленных регионов.

УДК 631.41

ПОГЛОЩЕНИЕ МЕДИ, СВИНЦА И ЦИНКА ЧЕРНОЗЕМАМИ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Манджиева С.С.¹, Минкина Т.М.¹, Пинский Д.Л.², Микайылов Ф.Д.³

¹*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, msaglara@mail.ru;*

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пуцино, Московская обл., pinsky@issp.serpukhov.su;*

³*Сельскохозяйственный факультет университета «Сельчук», Конья, Турция*

Целью настоящей работы является изучение влияния гранулометрического состава и входящие в него фракций ила и физической глины на поглощение меди, свинца и цинка черноземами Ростовской области.

В качестве объектов исследования выбраны верхние гумусовые горизонты чернозема южного карбонатного среднесуглинистого на желто-бурых структурных глинах; чернозема южного среднесуглинистого на желто-бурых лёссовидных суглинках; чернозема южного среднесуглинистого на песках; чернозема обыкновенного карбонатного среднесуглинистого на лёссовидных суглинках. Анализ гранулометрического состава и выделение фракции ила (<0,001 мм) и физической глины (<0,01 мм) производили методом пипетки с пирофосфатной подготовкой образцов. Для исследования закономерностей ионообменной адсорбции серию навесок почвы, просеянной через сито с диаметром ячеек 1 мм, в естественной ионной заливали растворами нитратов и ацетатов Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} в пределах от 0,05 до 1 мМ/л при раздельном и совместном присутствии ТМ. В растворах с совместным присутствием ТМ их молярные концентрации были одинаковыми. Соотношение почва: раствор составляло 1:10. Суспензию взбалтывали в течение 1 ч, затем сутки отстаивали, после чего фильтровали. Содержание ТМ в фильтрах определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Рассчитаны параметры адсорбции катионов Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} исследуемыми почвами в целом и их гранулометрическими фракциями. Увеличение дисперсности гранулометрических фракций в составе однотипных почв приводит не только к увеличению количества поглощенных ТМ, но и к усилению прочности их закрепления на поверхности высокодисперсных частиц. В соответствии с этим поглощательная способность почв Нижнего Дона по отношению к Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} уменьшается в ряду: чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый \approx чернозем южный тяжелосуглинистый > чернозем южный среднесуглинистый > чернозем южный супесчаный.

Изотермы адсорбции катионов Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} во всех случаях описываются уравнением Лэнгмюра. В случае полиэлементной адсорбции ТМ на почвах и их гранулометрических фракциях влияние на форму изотерм и параметры адсорбции оказывает взаимная конкуренция катионов за обменные места. При этом значения максимальной адсорбции ($C_{\text{макс.}}$) индивидуальных ионов уменьшаются, а величины константы сродства (k) возрастают по сравнению с соответствующими данными для моноэлементной адсорбции. Это свидетельствует о повышении избирательности поглощения (специфичности адсорбции) каждого из конкурирующих катионов. Изменения параметров адсорбции в большей степени выражены для Zn^{2+} , в меньшей (на уровне тенденций) – для Pb^{2+} . По значениям параметров адсорбции ($C_{\text{макс.}}$ и k) разными гранулометрическими фракциями катионы ТМ располагаются в порядке, аналогичном для почв в целом: $\text{Cu}^{2+} \geq \text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$. Параметры адсорбции ТМ одной и той же гранулометрической фракцией, выделенной из разных почв, уменьшаются в ряду: чернозем тяжелосуглинистый > чернозем среднесуглинистый > чернозем супесчаный, что связано с качественными различиями в минералогическом и химическом составе выделенных фракций и существенным влиянием состава и свойств фракций на параметры адсорбции ТМ. Анализ изменения параметров адсорбции Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} исследуемыми почвами и выделенными из них гранулометрическими фракциями показывает, что экстенсивная характеристика адсорбции – максимальная адсорбция является менее чувствительным параметром, характеризующим поглощательную способность почв, чем интенсивная характеристика процесса – константа адсорбционного равновесия.

Работа поддержана грантами РФФИ № 11-05-90351-РБУ_а, № 09-04-00652, Министерства образования и науки РФ 2.1.1/3819, ГК № 16.740.11.0232.

СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ MN, CR, NI И CD В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Минкина Т.М.¹, Мотузова Г.В.², Назаренко О.Г.³, Манджиева С.С.¹,
Бурачевская М.Ю.¹

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, minkina@sfedu.ru;

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва,
totuzova@mail.ru;

³Федеральное государственное учреждение государственного центра
агротехнологической службы, Ростов-на-Дону, nazarenkoo@mail.ru

Процессы образования и трансформации соединений тяжелых металлов (ТМ) в почвах природных и техногенных ландшафтов имеют экологическое значение. Однако недостаточно полны сведения о поглощательной способности почв в отношении ТМ, о роли отдельных почвенных компонентов в удерживании ТМ из-за разнообразия методов их получения и свойств исследуемых почв. Эти обстоятельства определили цель настоящего исследования: изучить закономерности образования и трансформации соединений Mn, Cr, Ni и Cd в почвах окрестностей Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС) и выявить влияющие на них факторы.

Объектами исследования послужили почвы мониторинговых площадок, подверженных воздействию выбросов НчГРЭС и представленные преимущественно черноземами обыкновенными, а также лугово-черноземными и аллювиально-луговыми почвами. Общее содержание Cr, Ni, Mn и Cd в почвах определено рентген-флуоресцентным методом. В основу фракционирования соединений металлов положено выделение прочно связанных и непрочно связанных ТМ с почвенными компонентами. Содержание металлов в вытяжках из почв определено методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Соединения ТМ, отнесенные к группе непрочно связанных, переведены в раствор параллельными экстракциями раствором: 1 н аммонийно-ацетатный буфер (ААБ) с рН 4,8, 1% ЭДТА в ААБ, 1 н HCl. Параллельное экстрагирование соединений металлов из почв сочеталось с их последовательной экстракцией по методу Тессьера. Совместное использование этих методов составило основу комбинированной схемы фракционирования соединений ТМ. Результаты. Использование двух схем фракционирования соединений ТМ в исследуемых почвах позволило получить взаимно дополняющую друг друга информацию. Применение параллель-

ных вытяжек позволило установить, что при загрязнении почв ТМ в них происходит повышение доли подвижных соединений ТМ, применение комбинированной схемы фракционирования соединений металлов позволило выявить почвенные компоненты, ответственные за эти изменения.

Содержание ТМ в незагрязненных почвах, расположенных вдали от НчГРЭС, определяется преимущественно их количеством в минералах, в меньшей степени в (гидр)оксидах Fe и Mn и органическом веществе. Вблизи источника эмиссии происходит накопление ТМ в почвах и увеличение доли прочно связанных соединений. Наиболее подвижным элементом в загрязненных почвах является Cd, наименее – Cr. Активное поглощение органическим веществом исследуемых металлов приводит к росту их комплексных соединений в загрязненных почвах. Увеличение содержания специфически сорбируемых соединений Cr, Ni и Cd вызвано их взаимодействием с карбонатами, а Mn – с гидр/оксидами Fe и Mn. С ростом техногенной нагрузки для Cr, Ni и, особенно, Cd характерно значительное увеличение обменных соединений, т. е. наименее связанных с почвенными компонентами. Преимущественный вклад в прочную фиксацию Mn, Cr, и Cd в загрязненных почвах вносят гидр/оксиды Fe и Mn и органическое вещество. С увеличением уровня техногенной нагрузки прочность связи металлов с органическим веществом и гид(оксидами) Fe уменьшается.

В аллювиальных почвах увеличивается содержание металлов во фракции, связанной с гидроксидами Fe и Mn, в лугово-черноземных почвах большую роль в фиксации ТМ играет органическое вещество. По степени экологической устойчивости к загрязнению ТМ исследуемые почвы располагаются в следующей последовательности: лугово-черноземная почва > чернозем обыкновенный > аллювиально-луговая почва.

Работа поддержана грантом РФФИ № 11-05-90351-РБУ_а, Министерства образования и науки РФ 2.1.1/3819, ГК № 16.740.11.0528, ГК № 16.740.11.0232

УДК 631.416.8

МОЛЕКУЛЯРНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ Cu (II) В ЗАГРЯЗНЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ (XANES)

Невидомская Д.Г.¹, Минкина Т.М.², Солдатов А.В.³, Подковырина Ю.С.³,
Файн М.Б.³

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, dnevidomskaya@mail.ru;

²Факультет биологических наук ЮФУ, Ростов-на-Дону, minkina@sredu.ru;

³Факультет физики ЮФУ, Ростов-на-Дону, soldatov@sredu.ru

Применение методов рентгеновской спектроскопии предоставляет уникальные возможности изучения электронной подсистемы и локальной структуры почвы в целом и ее отдельных компонентов. В работе проанализированы пространственно-структурные особенности Cu (II) в черноземе обыкновенном при загрязнении высокими дозами (300 мг/кг и 2000 мг/кг) медьсодержащих соединений – CuO и $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ с использованием метода ближней тонкой структуры рентгеновского поглощения – X-ray Absorption Near Edge Structure, XANES.

Исследования методом XANES проводились на спектрометре Rigaku R-XAS Lopper. Спектры XANES K-края меди были сняты в энергетическом диапазоне от 8930 эВ до 9250 эВ. Данный спектроскопический метод позволяет получить качественную информацию о формах нахождения химических элементов в составе анализируемой пробы. Особенности XANES спектров позволяют осуществлять пространственно-структурный анализ Cu -органоминеральных комплексов посредством анализа интенсивностей предкраевой, краевой и вблизи краевой области спектров.

Сходный характер в величине интенсивности предкраевого пика в спектрах почвенных образцов, насыщенных CuO и $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ указывает, что поглощенная Cu имеет ярко выраженную асимметрию первой атомной оболочки, такую же, как в спектрах чистых соединений меди. Использование первой производной XANES спектров выявило, что в предкраевой области перед скачком K-края Cu (~ 8975–8980 эВ) идентифицируется слабая функция в виде небольшой выпуклости, что связано с $1s \rightarrow 3d$ орбитальным переходом электрона, характеризующим связывание Cu в октаэдрических и тетраэдрических позициях. Ступенчатая структура в виде двух пиков α и β в серединной части края спектра (~ 8980–8995 эВ) характеризует $1s \rightarrow 4p_z$ переход. Интенсивность функции предкраевого перехода $1s \rightarrow 3d$ чувствительна к наличию или отсутствию центра симметрии. При этом интенсивность функции возрастает с искажением от

центра тетрагональной симметрии в связи с увеличением p-d орбитального смешивания, что указывает на эффект Яна-Теллера, при котором центры связывания Cu в октаэдрах тетрагонально искажены.

Интенсивность пика α связана со степенью ковалентной связи и искажением участков, содержащих атомы Cu (II), что позволяет получить информацию о координационной геометрии и связях поглощенного атома металла с его ближайшим окружением. Форма, размер и особенности рефлексов пиков в краевой и вблизи краевой областей спектров почвенных образцов, насыщенных CuO и Cu(NO₃)₂ различны, что, в первую очередь, зависит от локальной атомной структуры окружающей центральный поглощенный атом Cu, а во-вторых, позволяет предположить, что сорбированные комплексы Cu XANES спектров CuO и Cu(NO₃)₂ образуют различные фазы локальной атомной структуры. Принимая во внимание, что вид спектров почвенных образцов насыщенных CuO имеют большую сходимость со спектрами чистого соединения по сравнению со спектрами Cu(NO₃)₂, а также учитывая, что величины произведения растворимости данных соединений следующие: CuO – (pK = -7,66) и Cu(NO₃)₂ – (pK = 0,40), очевидно, что высвобождение свободной Cu (II) за годичный период инкубации из Cu(NO₃)₂ будет происходить быстрее и полнее, что будет способствовать более полной трансформации ионов Cu с образованием разнообразных соединений, отрицательно заряженных металл-органических комплексов с участием различных функциональных групп. Таким образом, изменение атомного окружения вблизи атома Cu меняет вид XANES спектров, что указывает на образование различных фаз локальной атомной структуры.

Работа поддержана Министерством образования и науки РФ, 2.1.1/3819, ГК № 16.740.11.0054

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ДЛИНУ КОРНЕЙ РЕДИСА ДЕРНОВО-КАРБОНАТНОЙ ПОЧВЫ.

Никитенко К. С.

Южный федеральный университет, Ростов – на – Дону, Chris-nik@mail.ru

В последние годы проблема нефтяных загрязнений становится все более актуальной. Развитие промышленности и транспорта требует увеличения добычи нефти как энергоносителя и сырья для химической промышленности. А вместе с тем, это одна из самых опасных для природы индустрий.

Большинство земель в той или иной мере загрязнены сейчас нефтепродуктами. Особенно сильно это выражено в тех регионах, через которые проходят нефтепроводы, а также богатых предприятиями химической промышленности, использующими в качестве сырья нефть или природный газ. Ежегодно десятки тонн нефти загрязняют полезные земли, снижая ее плодородие, но до сих пор этой проблеме не оказывают должного внимания.

Целью настоящей работы была оценка влияния нефти и нефтепродуктов на длину корней редиса.

Лабораторные модельные эксперименты были проведены с дерново-карбонатной почвой, отобранной в республике Адыгея. Почва для модельного опыта была отобрана из пахотного горизонта.

В качестве загрязняющих веществ были выбраны нефть, солярка, мазут и бензин. Использовали нефть средней плотности, со средним содержанием серы и хлористых солей, низким содержанием механических примесей; топочный мазут 40, IV вида, со средним содержанием серы, средней зольности, температурой застывания – минус 15°C; бензин автомобильный неэтилированный Регуляр-92, экологический класс 2; топливо дизельное (солярка) марки Л (летнее), экологический класс 2.

Для выражения концентрации нефти и нефтепродуктов в почве использовали их процентное содержание. ПДК и фоновые концентрации содержания в почве нефти и нефтепродуктов не разработаны. Доза внесения составила – 1%, 5% и 10% от массы почвы.

Исследовали равномерное загрязнение нефтью и нефтепродуктами всего объема почв. Для этого после внесения загрязняющего вещества почву в сосуде перемешивали. Нефть и нефтепродукты вносили во влажную почву.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20–22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Биологические параметры состояния почв определяли через 30 суток после загрязнения. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным (Колесников и др., 2008).

В настоящем исследовании в качестве тест – объекта был использован редис. Выбор этой культуры обусловлен тем, что он широко возделывается на всех почвах.

В результате исследований было установлено следующее:

При загрязнении дерново-карбонатной почвы нефтью и нефтепродуктами длина корней редиса снижается во всех вариантах опыта с различными концентрациями загрязняющих веществ. Последствия загрязнения почвы зависят от природы вещества и его концентрации в почве. Была за-

фиксирована прямая зависимость между дозой загрязняющего вещества и степенью снижения активности каталазы.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказал мазут. Бензин, дизельное топливо и нефть проявили меньшее по силе воздействие: мазут > нефть > бензин > дизельное топливо.

Нефть и мазут оказали больший ингибирующий эффект, чем бензин и дизельное топливо. Менее сильное воздействие бензина и дизельного топлива можно объяснить тем, что они представлены более легкими фракциями и испаряются из почвы. Ингибирующее действие нефти и нефтепродуктов на активность каталазы можно объяснить различными причинами: содержанием в нефти тяжелых металлов, обволакиванием почвенных частиц нефтяными углеводородами, присутствием ароматических углеродов и другими причинами. Исходя из приведенных данных, можно сделать следующие выводы:

1. При загрязнении дерново-карбонатной почвы нефтью и нефтепродуктами длина корней редиса уменьшилась во всех вариантах опыта с различными концентрациями загрязняющих веществ. Степень снижения зависела от природы вещества и его концентрации в почве.
2. Была зафиксирована прямая зависимость между дозой загрязняющего вещества и степенью снижения активности каталазы в почве.

УДК631.4

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ И СОСТАВ ПОЧВЕННОЙ АЛЬГОФЛОРЫ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Новоселова Е.И., Турьянова Р.Р., Рахматуллина А.А., Шарифуллина Л.Н.

Башкирский государственный университет, Уфа, novoselova58@mail.ru

Тяжелые металлы, поступая в почву при сжигании минерального топлива, каменного угля, движении автотранспорта, превышая санитарно-гигиенические нормативы, включаются в биологический круговорот. Аккумулируясь в живых организмах, они оказывают токсическое действие на растения, животных и человека.

К числу тяжелых металлов заметно превышающих фон в почвах промышленных городов России относится медь, кадмий, свинец. Индикаторами динамики токсичных веществ в почве являются ферментативная активность почв, почвенные водоросли. Тяжелые металлы могут существенно влиять на биохимические процессы в почве, выступая псевдоакти-

ваторами или ингибиторами ферментов, менять почвенную альгофлору: видовой состав и численность почвенных водорослей, формируя сходные по составу альгосинузии, что отражает уровень загрязнения почвы.

В серии лабораторных опытов изучалось влияние различных концентраций меди 13,8; 27,5; 55; 110 мг/кг почвы (первый опыт); свинца – 5, 10, 20, 40 мг/кг почвы (второй опыт), кадмия – 5, 10, 20, 40 мг/кг почвы (третий опыт) на активность окислительно-восстановительных ферментов и состав альгоценозов чернозема обыкновенного среднесуглинистого.

Определение активности окислительно – восстановительных ферментов через 3 и 90 суток непосредственно после загрязнения почвы медью, свинцом и кадмием выявило сходные зависимости. Так, в данные сроки после внесения меди и свинца в почву, выявили рост активности каталазы и снижение активности полифенолоксидазы с повышением концентрации загрязнителей. Активность пероксидазы через трое суток снижалась в вариантах опыта с загрязнением медью и повышалась в вариантах с загрязнением свинцом. Через три месяца была выявлена обратная зависимость в активности преоксидазы. Загрязнение почвы различными концентрациями кадмия вело к повышению активности всех изученных ферментов с ростом его концентрации через трое суток и снижению активности каталазы, полифенолоксидазы, повышению активности пероксидазы через три месяца.

В результате проведенных исследований выявлен видовой состав почвенных водорослей. Систематический список включал 22 вида из 17 родов, 13 семейств, 9 классов и 4 отделов. Отдел *Cyanophyta* был представлен 9 видами (41% от общего числа), *Bacillariophyta* – 4 (18%), *Chlorophyta* – 8 (36%), *Euglenophyta*-1 (5%) видом.

При повышении концентрации кадмия в почве от 20 до 40 мг/кг почвы происходило снижение общего видового разнообразия водорослей и увеличение доли *Chlorophyta*. Доминировали виды семейства *Chlamydomonadaceae*. При повышении концентрации свинца до 40 мг/кг почвы значительно уменьшалась численность *Cyanophyta*, массовых видов *Phormidium foveolarum*, *Chlorella vulgaris*. Представитель *Euglenophyta* был обнаружен только в контрольных образцах.

Таким образом, проведенные исследования показали, что медь, свинец и кадмий в изученных концентрациях неоднозначно влияли на активность окислительно-восстановительных ферментов, что может быть связано как с различными формами их нахождения в почве, изменением условий среды, так и с их биологическим значением, что требует дополнительных исследований в этом направлении. При повышении концентрации свинца и кадмия преобладали представители отдела *Chlorophyta* и подавлялось развитие водорослей отдела *Cyanophyta*.

УДК631.41

ОСОБЕННОСТИ ТОКСИКАЦИИ ПОЧВ ВОЛГОГРАДА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Окоелова А.А.¹, Зайцева К.С.², Калинин Е.Д.¹

¹Волгоградский государственный технический университет, Волгоград,
allaokol@mail.ru;

²ООО Волгоградагролизинг, Волгоград, Chap-Kristina@yandex.ru

Городские почвы, являясь ключевым компонентом урбололандшафтов, выступают в качестве основного накопителя тяжёлых металлов. В данной работе мы рассматриваем загрязнение светло-каштановых почв Волгограда и его окрестностей тяжёлыми металлами. Для оценки антропогенной нагрузки были определено содержание валовых и подвижных формы тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв исследуемых объектов. Отбор почвенных образцов проведён согласно существующим ГОСТам. Атомно-адсорбционным методом определяли валовое содержание Pb, Cd, Zn, Co на приборе «СПЕКТР-5», а содержание Hg – на приборе «Юлия-МК». Подвижные кислоторастворимые формы тяжёлых металлов определяли в вытяжках 1М HNO₃ с рН 4,8 методом экстракции. По полученным данным видно, что Zn практически втрое превышает ПДК в почвах ОАО «Волгограднефтемаш» и санитарно-защитной зоны «Химпром», вдвое – в почвах агроценозоа «Горная поляна». Валовое содержание Pb в два раза превышает норматив в почве ОАО «Волгограднефтемаш». Валовая доля Hg в 20 и более раз ниже ПДК в почвах изучаемых объектов. В почве ОАО «Волгограднефтемаш» наибольшее накопление Pb (60,8 мг/кг), Zn (165,2), повышенная аккумуляция Cd (0,16); в почвах ОАО «Химпром» и его СЗЗ максимальна доля Cd (0,19 мг/кг), Co (7,8), Hg (0,124), Zn (157,5). Очевидно наибольшее накопление валовых форм тяжелых металлов в окрестностях промышленных предприятий [1]. Нами впервые для почв Волгограда была определена доля подвижных форм тяжелых металлов. Превышение ПДК подвижной формы Zn повсеместно, в почве ОАО «Волгограднефтемаш» в 5,9 раза и почти в 4 раза в почвах остальных объектов. Превышение подвижных форм Pb в 2,5–3 раза отмечено в почвах ОАО «Химпром». Концентрация подвижного Cd больше ПДК в 3 раза в санитарно-защитной зоне. Наименьшая аккумуляция подвижных форм Pb (7,42 мг/кг) и Cd (0,08) в почве «Горная поляна», Co (1,32) – в почве ОАО «Волгограднефтемаш». Концентрация подвижных форм Co во всех почвах значительно ниже нормы. Более чёткое представление о миграции тяжёлых металлов и их соединений даёт степень подвижности, которую определяли делением доли подвижной формы на валовое их содержание (табл.).

Таблица Степень подвижности тяжелых металлов в почвах, %

Объекты исследования	Pb	Cd	Zn	Co
ОАО «Химпром»	92,6	84,2	50,8	27,1
СЗЗ ОАО «Химпром»	94,8	75,0	57,0	39,6
ОАО «Волгограднефтемаш»	14,8	56,2	81,7	85,1
УНПЦ «Горная поляна»	74,5	88,8	89,7	84,5

Степень подвижности поллютантов изменяется в широком диапазоне – от 14,8 до 94,8%. Это свидетельствует об опасности токсикации ими почвенного профиля и сопредельных сред и актуальности проводимых исследований, а также необходимости организации мониторинга почв урбололандшафтов.

Список литературы 1. Зайцева К.С., Околелова А.А. Особенности загрязнения почв Волгограда тяжелыми металлами /Экология: синтез естественнонаучного, технического и гуманитарного знания. П всерос. науч.-практ. Форум. Саратов. 2011. с. 403–405.

УДК 631.8;502.521

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОДВИЖНОСТЬ РАДИОЦЕЗИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ (В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС)

Пахненко Е.П.¹, Федоркова М.В.², Белова Н.В.², Шаповалов В.Ф.³

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва;

²ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, Обнинск,
shishulina2005@yandex.ru;

³Новозыбковская государственная опытная станция ВНИИА
им. Д.Н. Прянишникова, Новозыбков

Долгоживущий радиоактивный изотоп ¹³⁷Cs – ведущий с точки зрения радиационной опасности на территории, подвергшийся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС. Для сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях особую важность имеет изучение факторов, определяющих подвижность ¹³⁷Cs в почве – исходном звене миграции радионуклидов в природной среде. Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, широко распространенные в зоне чернобыльских выпадений, характеризуются низким уровнем плодородия и повышенной доступностью радионуклидов для растений. Применение удобрений – традиционный при-

ем, направленный на сохранение и увеличение плодородия почвы, одновременно способствующий уменьшению биологической подвижности радионуклидов. Нами были изучены факторы, определяющие изменение подвижности ^{137}Cs в дерново-подзолистой песчаной почве при применении различных систем удобрения.

Исследования проводились в условиях многолетнего стационарного опыта НГ СОС ВНИИА в 2007–2008 гг. на загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС дерново-подзолистой песчаной почве. Плотность загрязнения ^{137}Cs составляла 475 ± 30 кБк/м². Влияние удобрений изучалось в четырехпольном севообороте: картофель, овес, люпин на зеленый корм, озимая рожь. Для сравнения были взяты три системы удобрений: органическая (80 т/га подстилочного навоза), органоминеральная (40 т/га навоза + минеральные удобрения) и минеральная (возрастающие дозы минеральных удобрений). Органические удобрения вносились под пропашную культуру. Дозы минеральных удобрений выбирались в зависимости от зональных рекомендаций. Образцы почвы из пахотного горизонта отбирали на второй год после внесения навоза (выращивался овес сорта «Скаун»). В почве определяли основные агрохимические показатели, формы нахождения ^{137}Cs методом последовательных вытяжек, а также состав обменных катионов. Содержание ^{137}Cs в почвенных образцах и вытяжках определяли на многоканальном анализаторе IN-1200 (Франция) с полупроводниковым детектором из сверхчистого германия.

Закономерное изменение агрохимических свойств почвы, вызванное применением удобрений, обуславливает колебания содержания ^{137}Cs в той или иной форме нахождения. Наиболее благоприятно на показатели плодородия повлияло применение органической системы удобрения и внесение умеренных доз минеральных удобрений. Необходимо заметить, что на этих же вариантах наблюдается самое низкое содержание обменного ^{137}Cs . Так, при применении органической системы удобрения доля радионуклида в обменной форме составила 6,8% от общего содержания ^{137}Cs в почве, при внесении минеральных удобрений – 7,8%, при значении на контроле 10,3%. По усилению степени влияния на подвижность ^{137}Cs в почве агрохимические свойства располагаются в ряд: реакция среды (рН) < подвижный фосфор < гумус < обменный калий < обменный кальций и магний.

Корреляционный анализ показал, что содержание обменного ^{137}Cs в почве в большей степени зависит от содержания обменных катионов кальция и магния ($R^2=0,86$), чем калия ($R^2=0,42$).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ АЭРОПОРТА «ШЕРЕМЕТЬЕВО»

Петров А.А.¹, Белобров В.П.²

¹Московский Городской Педагогический Университет, Москва, anton_@bk.ru;

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, belobrovvp@mail.ru

Территория расположена к юго-западу от аэропорта Шереметьево и в настоящий момент представляет собой преимущественно вторичный лесной массив с немногочисленными ареалами болот и поселками по периферии. На юге территория обследования ограничена Ленинградским шоссе, на востоке Шереметьевским шоссе, на западе автомобильной дорогой до посёлка Перепечино, на севере рекой Клязьмой. Почвы территории в основном дерново-слабо и среднеподзолистые, супесчано-легкосуглинистые, на покровных суглинках, подстилаемых на глубинах от 100 до 200 см мореной разного, преимущественно тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава. Локально на водоразделе формируются болотно-торфянистые, а в долине р. Клязьма аллювиальные почвы.

Образцы почв отбирались через каждые 10 см до глубины 40 см. и в отдельных профилях до глубины 150 см. Содержание валовых форм тяжёлых металлов различных классов опасности определялось рентгенфлуоресцентным методом. На основе полученных данных в программе Surfer 10 были построены картосхемы, показывающие степень загрязнение территории тяжёлыми металлами, а также диаграммы показывающие распределение металлов по профилю дерново-слабоподзолистой почвы супесчаного гранулометрического состава.

Анализ загрязнения тяжёлыми металлами гумусового горизонта в слое 0–10 показал повышенный уровень содержания никеля, цинка, свинца и мышьяка, что вероятно связано с агрогенным прошлым данных почв. Содержание этих металлов превышает нормы, указанные в гигиеническом нормативе 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Аномалии тяжёлых металлов приурочены к транспортным магистралям и участкам территории с различной степенью антропогенной изменённости. Содержание никеля превышает ОДК в районе залежи и участка, расположенного в юго-восточной части исследуемой территории, прилегающего к Шереметьевскому шоссе. Повышенное содержание цинка характерно для тех же территорий что и никеля, а свинца при-

урочено к точкам взятия образцов, расположенным в непосредственной близости от транспортных магистралей.

Превышение ОДК по содержанию мышьяка в 2 раза характерно для дерново-подзолистых почв расположенных около населённого пункта Паршино, а также вблизи от свалок ТБО, созданных, по всей вероятности, самими местными жителями. Также высокое содержание мышьяка характерно для аллювиальных глинистых почв дна пересохшего ручья Ключи. Причем наиболее высокое содержание мышьяка отмечено не на поверхности почв, а в нижней части профиля. Окружающие фоновые дерново-подзолистые почвы мышьяком не загрязнены.

Анализ распределения по профилю почв меди, галлия, рубидия, стронция, иттрия, циркония и оксидов кальция, калия, титана, хрома, железа и марганца выявил определенную отрицательную корреляцию между содержанием металлов в поверхностном горизонте и удалённостью точек опробования от транспортных магистралей и населённого пункта Паршино. Кроме этого были выявлены

особенности накопления металлов в генетических почвенных горизонтах. Повышенное содержание никеля относительно фона, почвообразующих пород и кларка, отмечено в горизонтах А2 и В1 дерново-среднеподзолистой почвы. В отличие от никеля относительное превышение содержания меди отмечается в горизонтах В1 и В2. Более высокое относительно фона содержание цинка характерно для всего профиля дерново-подзолистых почв. Содержание оксидов кальция, хрома, титана и железа равномерно увеличивается с глубиной, а оксида марганца, напротив, с глубиной равномерно уменьшается. Максимальное содержание свинца во всех профилях почв приурочено к поверхностному гумусовому горизонту, тогда как минимум к горизонту А2 на глубинах 10–20 см. В целом содержание свинца характеризуется равномерным распределением по профилю. Полученные данные позволили дать почвенно-экологическую оценку территории предстоящего строительства третьей очереди аэропорта Шереметьево и выявить локальные особенности загрязнения фоновых постагрогенных дерново-подзолистых почв и почвенного покрова в целом тяжёлыми металлами.

УДК 631.41

НОРМИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Пинский Д.Л., Пампура Т.В., Дмитраков Л.М.

УРАН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушино, pinsky@issp.serpukhov.su

Одним из опаснейших побочных эффектов техногенеза является загрязнение окружающей среды отходами промышленности. Большая часть поллютантов, в том числе тяжелых металлов (ТМ) аккумулируется в почвах, что создает угрозу для развития наземных природных и сельскохозяйственных экосистем, а, в конечном счете – для человека. Нормирование содержания поллютантов в почвах является единственным правовым инструментом регулирования допустимого уровня загрязнения почв. Вместе с тем, действующие в настоящее время нормативы (ПДК) вызывают серьезную критику и нуждаются в пересмотре. В данной работе рассмотрено современное состояние проблем нормирования соединений ТМ в почве и предложены пути их решения.

Поведение и функции ТМ в почвах определяется взаимодействием с ППК (сорбция-десорбция), осадками малорастворимых солей (осаждение-растворение) и ассоциацией с компонентами жидкой фазы почв. Конкретный токсический эффект зависит также от индикаторного организма, по которому оценивается уровень загрязнения экосистемы. Отсюда вытекают основные направления исследований нацеленных на совершенствование системы ПДК ТМ в почвах.

Одним из направлений является поиск организмов-индикаторов или системы организмов-индикаторов, наиболее полно отражающих характер воздействия соединений ТМ на почвенную экосистему.

Другое направление совершенствования ПДК ТМ в почвах является количественное изучение влияния состава и свойств загрязненных почв на отклик организмов-индикаторов (растений, микроорганизмов и др.). Было изучено влияние состава и свойств серой лесной, дерново-подзолистой и черноземной почв и приготовленных на их основе субстратов, на развитие растений овса (*Avena sativa L.*) при загрязнении нитратом и ацетатом свинца. Установлены зависимости токсического эффекта при разных уровнях загрязнения почв солями ТМ от содержания органического вещества, физической глины, емкости катионного обмена и рН. Индикацию проводили по изменению морфометрических параметров растений (длины стеблей, биомассы надземной части и корней), а также

по содержанию свинца в органах растений и в растениях в целом. Показано, что наилучшая корреляция между реакцией растений и внесенными дозами солей свинца достигается, если состав и свойства почв и субстратов выражены в виде общей характеристики, именуемой буферностью по отношению к ТМ (Ильин, 1965) ($R=0,99$; $R^2=0,986$). Другое направление связано с расчетом активных форм ТМ из их общего содержания в почве и воздействием этих форм на индикаторные организмы. Разработано эмпирическое уравнение, включающее кроме общей концентрации ТМ в почве, содержание органического вещества и физической глины (Römken et al., 2003).

Почвенный раствор является фазой, через которую поступившие в почву ТМ перераспределяются между другими эффективными фазами почв. Следовательно, существует возможность нормирования ТМ в почвах через выявление взаимосвязи между содержанием активных форм ТМ в твердой фазе и свободных форм в почвенном растворе, а затем взаимосвязи между этими свободными формами ТМ в почвенном растворе и откликом биоиндикаторов на их содержание. Данный подход реализован в работе (Tipping, 1998). Были разработаны специальные функции переноса, связывающие содержание активных форм ТМ с концентрациями свободных ТМ в почвенном растворе. Выполненные лабораторные и натурные эксперименты показывают, что данные подходы вполне перспективны, но требуют дальнейшего изучения.

УДК 631.416.8:631.432.2

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОСАДКОМ СТОЧНЫХ ВОД

Плеханова И.О.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, irinaoplekhanova@mail.ru

Избыточное увлажнение приводит к значительным изменениям физико-химических, химических и биологических свойств почв, вызывает изменение фракционного состава соединений железа, марганца, а также связанных с ними микроэлементов и тяжелых металлов.

Исследование фракционного состава соединений меди в агродерново-подзолистых почвах с осадком сточных вод (ОСВ) и различным уровнем увлажнения показывает, что 25–30% меди в почвах удерживается органи-

ческими соединениями, 40–50% соединениями железа. С увеличением влажности почв от 60 до 100% ПВ доля этих фракций увеличивается. Увеличивается также содержание водорастворимых и обменных соединений меди, что имеет существенное значение при оценке возможностей миграции меди в воды и растения.

Инкубирование почв с ОСВ вызвало изменение фракционного состава соединений свинца. Содержание растворимых в воде соединений свинца увеличилось в 10 раз при влажности 100% ПВ и обменных соединений на 50–60%. В 1,5 раза увеличилось содержание свинца связанного с органическим веществом, как при влажности 60% ПВ, так и при 100% ПВ. На 20–30% увеличилась доля соединений, связанных с аморфными соединениями железа и одновременно снизилось содержание в составе окристаллизованных соединений и в остаточной фракции.

В результате инкубирования почв отмечается увеличение содержания никеля и кобальта в водной фракции в 3 раза при увлажнении 100% ПВ. Увеличивается также содержание обменных и специфически адсорбированных соединений никеля и кобальта, связанных с органическим веществом и с аморфными соединениями железа. Одновременно снижается содержание этих элементов во фракции, связанной с окристаллизованными соединениями железа и в остаточной фракции.

Наибольшая доля соединений цинка относится к группе подвижных соединений, при избыточном увлажнении почв возрастает содержание этого элемента в водной вытяжке и фракции обменных соединений. Доля соединений цинка, связанных с органическим веществом составляла около 1% и не менялась в процессе инкубирования почв. Содержание цинка связанного с соединениями железа мало и практически не изменялась при разных уровнях увлажнения.

В почвах с ОСВ наиболее высоким было содержание кадмия, его содержание в остаточной фракции составляет всего 20% от валового и в процессе инкубирования не менялось. Практически исчезала, выделяемая из сухих почв фракция соединений, связанных с органическим веществом и с окристаллизованными соединениями железа. Результаты показали, что исследованные металлы подразделяются на три группы по отношению к условиям увлажнения почв:

1. Соединения кобальта и никеля, состояние которых определяется, в основном, условиями увлажнения почв, интенсивностью развития восстановительных процессов, а также состоянием соединений железа и марганца, как основных сорбционных комплексов, с которыми эти элементы тесно связаны.

2. Состояние соединений меди и свинца зависит от окислительно-восстановительных условий, состояния соединений железа, марганца и органического вещества.
3. Состояние цинка и кадмия не зависит от режима увлажнения почв и окислительно-восстановительных условий. Характеризуются слабым сродством к соединениям железа, марганца и органическим соединениям.

УДК 631.4

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ НА ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА РОССИИ

Просяников Е.В., Смольский Е.В., Гуца А.С.

*Брянская государственная сельскохозяйственная академия, Брянск,
p_e_v_32@mail.ru*

Рост экспорта нефти через юго-западную часть Нечернозёмной зоны России, старение трубопроводных систем обуславливают увеличение вероятности техногенных аварий, сопровождающихся разным по количеству и продолжительности нефтяным загрязнением почв. Цель работы – в условиях Брянской области на естественном кормовом угодье, аналогичном по состоянию растительности полосе отчуждения трассы нефтепровода, изучить воздействие поверхностного нахождения нефти в течение 6 часов и года на химические и физико-химические свойства серой лесной легкосуглинистой почвы на лёссовидном карбонатном суглинке. Модельный опыт по загрязнению поверхности почвы нефтью из магистрального трубопровода «Дружба» проводили на территории учхоза Брянской ГСХА. Нефть разливали в ячейки пластмассовых кассет (20×20 см), погружённых в почву на 5 см, из расчёта 4; 8; 16; 32 л/м². Разлив осуществляли рендомизированно в 6-кратной повторности.

Шестичасовое нахождение на поверхности почвы 4–32 л/м² нефти существенно увеличивало содержание общего углерода (A₁ – 9,14%; A₁A₂ – 5,47%) по сравнению с незагрязнённой почвой (фон: A₁ – 3,44%; A₁A₂ – 2,45%) и общего азота (соответственно 1,32%; 1,11% и 0,92%; 0,63%), за исключением содержания общего азота в горизонте A₁A₂ при 4 л/м² нефти (0,62% и 0,63%). По мере возрастания количества нефти отмечали тенденцию к увеличению отношения C: N (6,92; 4,92 и 3,74; 3,89). Содержание подвижного фосфора (мг на 100 г) существенно уменьшалось (22,62; 10,37 и 35,10; 11,60). Практически не изменялось содержание (мг на 100 г) об-

менного калия (16,55; 10,82 и 18,90;11,20). В горизонте A_1 существенно уменьшались $pH_{\text{вод}}$ (5,85; 6,35) и, при 16–32 л/м², $pH_{\text{сол}}$ (5,13; 5,42). Гидролитическая кислотность (мг · экв/100 г) существенно увеличивалась (2,30; 1,33). Сумма обменных оснований при 8–32 л/м² нефти существенно уменьшалась (12,32; 14,60). В горизонте A_1A_2 существенно уменьшился $pH_{\text{вод}}$ (5,88; 6,10), а $pH_{\text{сол}}$ практически не изменился (5,07; 5,17). Гидролитическая кислотность существенно увеличивалась (3,37; 1,98). Сумма обменных оснований при 8–32 л/м² нефти существенно уменьшалась (10,68; 12,87). Ёмкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями по мере возрастания количества нефти в основном снижались.

Годичное загрязнение нефтью в горизонтах A_1 и A_1A_2 существенно уменьшало содержание общего углерода при 4 л/м² (соответственно 2,97%; 3,72% и 2,10%; 2,59%), а при 32 л/м² увеличивало его (4,66%; 3,72%; и 3,02%; 2,59%). Содержание общего азота в A_1 не изменялось (0,12%; 0,13%), а в A_1A_2 – снижалось (0,13%; 0,17%). Отношение С: N в A_1 уменьшалось при 4–8 л/м² (25,35; 28,61) и увеличивалось при 16–32 л/м² (38,83; 28,61), в A_1A_2 оно увеличивалось (23,23; 15,23). Содержание подвижного фосфора и обменного калия практически не изменялось (20,85; 18,30 и 9,82; 10,00) и (15,58; 17,70 и 11,08; 10,30). В горизонте A_1 существенно не изменялись $pH_{\text{вод}}$ (5,19; 5,18) и $pH_{\text{сол}}$ (4,47; 5,19), гидролитическая кислотность существенно снижалась (2,80; 3,63), сумма обменных оснований – при 8 л/м² (19,1; 21,6) и при 32 л/м² (18,1; 21,6). В горизонте A_1A_2 $pH_{\text{вод}}$ (5,43; 5,53) не изменялся, 16–32 л/м² нефти существенно снижали $pH_{\text{сол}}$ (4,02; 5,12), 4–32 л/м² существенно снижали гидролитическую кислотность (3,58; 4,61) и сумму обменных оснований (22,1; 27,2). При нефтяном загрязнении в обоих горизонтах отмечена тенденция к снижению ёмкости катионного обмена по сравнению с фоном и увеличение степени насыщенности основаниями.

УДК 631.416.9

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ДВУХ РАЙОНОВ Г. ПЕРМИ

Рогова О.Б.

ГНУ Почвенный ин-т им. В.В.Докучаева, Москва, olga_rogova@inbox.ru

В последнее десятилетие интерес к исследованиям, связанным с разносторонним изучением экологической обстановки Пермского края, постоянно возрастает.

Однако особенности поступления и распределения загрязняющих элементов в снег, почвы, воды и растения на уровне тестовых площадок, находящихся в разной степени удаленности от источников загрязнения или подвергающихся комплексному загрязнению разной степени интенсивности, изучались мало или не изучались вообще.

Нами изучалось содержание тяжелых металлов (ТМ) в образцах почв, растений, снегового покрова, отобранных на 27 тестовых площадках в двух промышленных районах города Перми.

Анализ снежного покрова Свердловского района Перми показал, что в составе загрязняющих аэрозолей преобладают Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, As, на некоторых участках Ni. Распределение выпадений соответствует розе ветров с преобладающими северными ветрами зимой и южными летом. Анализ пространственного распределения элементов-загрязнителей в составе снега за период ноябрь- февраль указывает на расположенные в районе металлообрабатывающие предприятия (Инструментальный завод, завод Велта, моторостроительный завод) как основной источник аэрального загрязнения в Свердловском районе Перми Zn, Cu и Ni. Относительно повышено содержание мышьяка в снеговых выпадениях данного района по сравнению с другими районами. Характер распределения в почвах и растениях основных элементов-загрязнителей, преобладание в их составе железа и элементов - сидерофилов никеля, цинка и хрома подтверждает, что основным источником загрязнения ТМ Свердловского района являются металлообрабатывающие предприятия. Почвы и растения южной части района загрязнены сильнее и на большей протяженности, что связано не только с расположенностью здесь основной доли предприятий, но и с более открытым пространством. Севернее распространению пылевых потоков препятствуют многоэтажные жилые дома. Практически во всех исследованных образцах содержание ТМ достигает или превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по тем элементам, для которых они установлены. Особенно значительно превышение по Ni- в 1,5–3 раза.

Аэральные выбросы Мотовилихинского завода оказывают более сильное влияние на район Верхней Курьи, отделенный от завода Камой и традиционно считающийся экологически чистым рекреационным районом, чем на рабочий поселок, расположенный в непосредственной близости завода. Это связано с особенностями рельефа: завод расположен в пойме Камы и отделен от рабочего поселка высоким крутым склоном третьей террасы, который принимает на себя основную часть пылевых выбросов.

В почвах рабочего поселка Мотовилихинского завода отмечается повышенное содержание цинка, меди и свинца (1,5–2 раза выше ПДК). Содер-

жание никеля в пределах ПДК. Пространственное распределение содержания элементов в верхнем слое почв практически однородное. Это связано с систематическим поступлением относительно невысоких количеств ТМ и тем, что исторически этот завод функционировал как медеплавильный.

В районе Верхней Курьи, принимающем на себя значительную часть аэральных выбросов Мотовилихинского завода, отмечается значительное увеличение содержания цинка и меди в почвах центральной поймы, расположенных в своре труб предприятия.

Содержание Ni и Cr в растениях во всех обследованных точках превышает максимально допустимый уровень (МДУ), определенный для грубых кормов. Для Ni это превышение составляет 2–11 раз, для Cr- 5–60 раз. Содержание цинка превышает МДУ в двух точках в 1,26–1,5 раз. Такие высокие показатели превышения МДУ в растениях по никелю и хрому позволяют отнести данные территории к территориям чрезвычайной экологической ситуации по данным элементам.

УДК 631.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГСМ

Соколова Н. А.¹, Кокорина Н. Г.¹, Окоделова А. А.²

¹*Волжский политехнический институт (филиал ВолгГТУ), Волжский,
natalissa_72@list.ru;*

²*Волгоградский Государственный Технический Университет, Волгоград,
KokorinaNG@fgivandex.ru*

Разливы нефтепродуктов вызывают сильные и во многом необратимые повреждения природных комплексов. Наиболее подвижные легкие фракции могут проникать на глубину от 10–20 до 120 см и более в зависимости от гранулометрического состава почвы. Значительная их часть разлагается и испаряется в течение года. Загрязнение почв нефтепродуктами вызывает необратимые негативные изменения морфологических, физических и химических свойств, а также является токсичным для произрастающих растений [1, 2]. Определение фитотоксичности проводилось в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Для исследования были взяты различные типы почв: светло-каштановая глинистая (1–11 образцы) и песчаная (12–22), аллювиальная дерново-насыщенная темноцветная (23–34). Аборигенным тестовым растениям является лебеда обыкновенная. Для определения фитотоксичности по истечению семи суток после

внесения поллютантов во всех образцах исследуемых почв лебеда не возшла, исключение составили три образца (23–25) аллювиальной почвы.

В образце 23 на следующие сутки после внесения 10 мл А-92 ЭКО-3 возшли 5 сорняков (к концу дня сорняки вытянулись с 3 до 5,1 см, а ширина листа увеличилась с 0,5 до 1 см. Единственным отклонением у лебеды был ярко зеленый цвет листьев. На вторые сутки 2 ростка сгнили, 3 – завяли и высохли. В образце 24 на вторые сутки после внесения 10 мл нефти возшло пять сорняков, к концу дня они вытянулись с 1 до 1,5 см, а ширина листа увеличилась с 0,2 до 0,6 см. Три из них были розоватого цвета, который свойственен лебеде сразу после прорастания. На следующие сутки всходы позеленели, еще два всхода лебеды были сразу зеленые. На третьи сутки два зеленых всхода засохли. На четвертые сутки три оставшихся продолжали медленно расти и к концу дня вытянулись с 1,5 до 1,8 см, а ширина листа осталась 0,6 см. На пятые сутки два зеленых всхода засохли, третий поменял цвет с розового на зеленый. К концу дня сорняки вытянулись с 1,8 до 2,0 см, а ширина листа увеличилась с 0,6 до 0,7 см. На шестые сутки прироста не наблюдалось, на седьмые сутки всходы завяли и засохли. В образце 25 на пятые сутки после внесения 10 мл А-80 возшел один сорняк, на шестые сутки – второй. На седьмые сутки оба выросли до 0,7 см, ширина листа составила 0,2 см. Видно, что растения испытывают затруднение в росте и питании. На восьмые сутки оба сорняка завяли и засохли, корни малоразвитые.

Этот опыт позволяет сделать вывод, что аллювиальная дерновая насыщенная темноцветная является менее токсичной, чем светло-каштановые песчаная и глинистая. Постепенное увядание растений можно объяснить тем, что проникновение к корням нефтепродуктов затрудняет их прохождение через семенную кожуру. Как только корневая система разовьется и прорастет сквозь кожуру, нефтепродукты начнут поступать в корни, блокировать доступ кислорода, воды и питательных веществ, что приводит к гибели проростков. При развитой корневой системе поллютанты интенсивнее впитываются, что приводит к гибели растений. При менее развитой корневой системе угнетение сорняка проявляется в изменении цвета листа с розоватого на зеленый. Можно предположить, что компоненты нефти вызывают нарушение синтеза пигментов.

Список литературы.

1. Арене В.Ж., Гридин О.М. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов / В.Ж. Арене, О.М. Гридин // Экология и промышленность России.- М.-Наука, 1997, №3.–. 8–11 с.

2. Слисаренко Ф.Я. Физико-химические исследования структуры природных сорбентов // Под. Ред. Ф.Я. Слисаренко.- Саратов.- Наука, 1971. – 112 с.

УДК 631.46

**БИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВ СУХИХ СТЕПЕЙ И ПОЛУПУСТЫНЬ
ЮГА РОССИИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ****Спивакова Н. А.***Южный федеральный университет, sliva5@mail.ru*

Одной из актуальных экологических проблем является загрязнение почв различными химическими веществами. Приоритетными загрязняющими веществами природных и естественных экосистем на Юге России являются Pb, Cu, Ni и Cr.

Почва для модельных опытов была отобрана в следующих местах: темно-каштановая (Ростовская область, Пролетарский район); каштановая (Ростовская область, Ремонтненский район); светло-каштановая (Республика Калмыкия, окрестности г. Элисты); бурая полупустынная (Астраханская область, окрестности границы с Республикой Калмыкия); песчаная (Республика Калмыкия, окрестности п. Хулхута). Использовали почву из слоя 0–25 см.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20–22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности. Срок экспозиции – 30 суток. Изучали действие разных количеств загрязняющих веществ в почве: ТМ – 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно). Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели.

Загрязнение исследованных почв оксидами ТМ и нефтью приводит к ухудшению их состояния. В большинстве случаев наблюдается достоверное снижение всех исследованных показателей. Степень снижения зависит от природы загрязняющего вещества, его содержания в почве и свойств почвы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказывает оксид хрома. Оксиды свинца, меди и никеля проявили меньшее по силе воздействие.

ТМ связываются с сульфгидрильными группами белков, в результате чего с одной стороны подавляется синтез белков, в том числе и ферментов, с другой стороны нарушается проницаемость биологических мембран. И то, и другое, в конечном счете, приводит к нарушению обмена веществ.

По отношению к почвам сухих степей и полупустынь Юга России (в целом) оксиды ТМ образуют следующую последовательность: $CrO_3 > CuO \geq PbO \geq NiO$.

По степени ухудшения биологических свойств при химическом загрязнении (в целом) почвы сухих степей и полупустынь Юга России образуют следующую последовательность: *темно-каштановые почвы* > *каштановые почвы* > *светло-каштановые почвы* > *бурые полупустынные почвы* > *песчаные почвы*.

Большую буферную способность к химическому загрязнению проявили темно-каштановые почву, меньшую – бурые полупустынные, наименьшую – песчаные.

Такая последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв.

УДК 631.61

ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ С ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ «СИЛИКОНОВЫХ ТРУБОК»

Тащнев С.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, ecology@bio.rsu.ru

Существующие в микробиологии аналитические методы оценки взаимодействий почвенной микрофлоры с чужеродными веществами не во всех случаях дают объективные результаты. Это объясняется рядом обстоятельств.

Внесенные в почву ксенобиотики, через короткий период визуально обнаружить практически невозможно. Поэтому, отбирая пробы почв для микробиологического анализа, мы не можем точно знать: как далеко или близко находился этот почвенный микрообразец от антропогенного химического компонента и соответственно, какое влияние оказал этот компонент на микробоценоз. Таким образом, отбор почвенной пробы носит случайный характер и не может гарантировать точности параметров нахождения микрообразца от внесенного вещества, что, следовательно, не позволяет дать объективную оценку степени воздействия ксенобиотика на микрофлору при локальном и периферийном контакте.

Решение этих вопросов позволит расширить представления о дифференциальных процессах изменения численности и активности микробных популяций в условиях агроценозов и других территорий, подверженных антропогенному воздействию.

Цель работы: использовать метод «силиконовых трубок», предложенный автором для изучения локального взаимодействия почвенных микро-

организмов с химическими веществами. Метод предназначен для проведения модельных исследований в лабораторных условиях.

По сути, инкубацию опытных почвенных образцов проводят в небольших вегетационных сосудах, функцию которых выполняют эластичные силиконовые трубки. Для удобства инкубирования и перемещения каждую силиконовую трубку помещают в пробирку, пробирки – в штатив.

Как в классическом варианте, перед началом опыта почву просеивают через 3-х миллиметровое сито, затем через воронку засыпают её в силиконовую трубку. На трубке маркером наносят деления с интервалом 0,5–1 см. На поверхность почвенного образца вносят исследуемое химическое вещество. Место, где находится ксенобиотик обозначают цифрой «0». Инкубацию заполненных трубок можно проводить в естественных условиях или, в зависимости от целей эксперимента, изменять физические факторы окружающей среды: температуру и влажность почвы, а также степень аэробности или анаэробность почвенной среды и др. Сроки почвенных образцов для анализа планируют с учетом специфики воздействия исследуемого химиката на микроорганизмы.

По окончании опыта силиконовую трубку, заполненную почвой, разрезают ножницами (силикон легко режется) на части, почву из которых анализируют на содержание опытных групп микроорганизмов. Учет численности микроорганизмов проводят в зоне непосредственного контакта с химикатом и на участках (по 1–2 см) постепенного удаления от него.

В наших исследованиях альтернативной методу «силиконовых трубок» являлся классический лабораторный метод инкубирования почвы в вегетационных сосудах.

При сопоставлении результатов, полученных этими различными методическими подходами можно сказать, что метод «силиконовых трубок» позволяет составить более точную дифференциальную оценку влияния различных концентраций химических веществ на почвенный микробиоценоз, чем существующие классический методы почвенной микробиологии.

Проведение экспериментов с использованием этого метода не требует специального дорогостоящего оборудования и значительных площадей, что дает возможность проводить опыты с большой повторностью.

Отличительным преимуществом метода «силиконовых трубок» является возможность точного определения места нахождения внесенного химиката. Это обстоятельство позволяет составить детальную оценку степени влияния ксенобиотика на микрофлору от точки локального контакта до периферии.

Метод «силиконовых трубок» может быть использован для экспресс-определения и сопоставления степени токсического влияния различных химических веществ на почвенные микроорганизмы.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АЛЬГОИНДИКАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Темралева А.Д., Пинский Д.Л.

*УРАН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушкино, temraleeva_anna@mail.ru*

В условиях постоянно повышающегося загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами все более актуальными становятся вопросы оценки его экологического благополучия. В последнее время значительно возрос интерес к биологическим методам диагностики состояния почв, которые способны дать интегральную характеристику степени ее загрязнения. Водоросли как биоиндикаторы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими почвенными организмами: они составляют неотъемлемую часть почвенной биоты и присутствуют во всех типах почв, обладают чувствительностью и быстрой ответной реакцией на антропогенное воздействие. Кроме того, почвенные водоросли хорошо растут в лабораторных условиях. При этом традиционные методы альгоиндикации основаны на составлении флористических списков, соотношения размерных и таксономических групп водорослей, что не соответствует критериям экспрессности и простоты метода. Следовательно, разработка метода альгоиндикации, обладающего надежным биологическим откликом на загрязнитель, оперативностью получения ответа и удобством работы, является приоритетной задачей нормирования качества почв.

Целью исследования являлась разработка иерархической системы биоиндикации загрязненных почв (на примере серой лесной почвы, загрязненной свинцом) по реакции почвенной альгофлоры на разных уровнях ее организации. Биоиндикация была реализована с помощью метода водно-почвенных культур (почва:вода 1:3). Свинец (в форме нитрата) однократно вносили в концентрациях: 100, 500, 1000 мг/кг почвы в пересчете на катион. Далее водно-почвенные культуры инкубировали при 23–25 °С, освещенности 2500 Лк и 12 часовом световом дне. Спустя 1 и 2 месяца отбирали микропробы пленки цветения для определения таксономического состава сообщества и обилия водорослей, наличия морфологических изменений особей. Далее все сообщество осаждали на мембранном фильтре, которые добавляли к почве и проводили экстракцию пигментов с помощью 90% водного раствора ацетона (ГОСТ 17.1.4.02-90).

Новизна исследования заключается в нестандартном решении основных проблем, с которыми сталкиваются традиционные методы биодиагностики почв:

1. Проблема выбора биоиндикатора. В данном исследовании предлагается использовать не какой-то один вид педобионтов, а естественное сообщество почвенных водорослей, выращивая его с помощью водно-почвенного культивирования до биомассы, достаточной для анализа концентрации пигментов, а также для определения таксонов водорослей и их обилия.
2. Проблема выбора тест-показателя. Предлагается использовать целый комплекс показателей состояния почвенных водорослей на разных уровнях их организации: содержание пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) – на клеточном уровне; морфологические изменения особей (изменение окраски, формы, присутствие старых и отмирающих клеток) – на организменном уровне; таксономическую структуру и обилие – на ценоотическом уровне. Применение целого набора параметров позволит получить более полную информацию о состоянии почвенных водорослей, и, следовательно, диагностировать степень загрязнения почвы.
3. Проблема выделения фактора окружающей среды, который является причиной изменения биоиндикационных параметров. Основным преимуществом биологических методов контроля является интегральная реакция на все факторы окружающей среды. Однако, на практике исследователь сталкивается с методической проблемой идентификации ведущего фактора, который и послужил причиной изменения показателей биоиндикатора. Для фототрофных почвенных микроорганизмов главным фактором, определяющим их количественные и качественные характеристики, является климат. И предлагаемый метод культивирования аборигенных сообществ почвенных водорослей в стандартных лабораторных условиях с заданными значениями температуры и освещенности позволит избежать природных флуктуаций численности, биомассы и состава водорослей, вызываемых этим фактором.

Обсуждается проблема пробоподготовки почвенных образцов для устранения пространственной гетерогенности распределения почвенной альгофлоры.

НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Убугунов В.Л.¹, Убугунов Л.Л.^{1,2}, Доржонова В.О.¹

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
ubugunov@mail.ru

²ФГОУ ВПО Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
им. В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

Проблема нормирования тяжелых металлов (ТМ) в почвах возникла в связи с токсичным действием многих из них на живые организмы, прежде всего, растения и почвенную биоту. Единый норматив содержания кадмия в почвах для обширных территорий представляется, по мнению ряда авторов нецелесообразным в силу разнообразных почвенно-экологических условий.

В связи с этим мы попытались провести нормирование кадмия для основных типов почв Республики Бурятия на примере петрушки.

Под нормированием содержания кадмия мы, понимали шкалу массовых долей элемента в почве и в системе почва – растение, адекватно отражающую ущерб, наносимый плодородию почвы, состоянию, росту, развитию и плодоношению растений, а также накопление кадмия в растениях в пределах или выше ПДК. При нормировании различали весовые доли кадмия: губительные (летальные); сублетальные – снижающие урожай более чем на 10%; толерантные, не влияющие на рост, развитие и биомассу растения и санитарно-гигиенические, которые ведут к накоплению элемента до уровня ПДК по пищевым и кормовым цепям.

Вегетационно-полевые опыты были проведены на пяти типах почв: псаммоземе, каштановой, серой лесной неоподзоленной, аллювиальной дерновой и аллювиальной луговой, – имеющих разные физико-химические свойства и буферность по отношению к ТМ.

Опыты проводили в вегетационных сосудах в 4-кратной повторности. Для моделирования необходимого уровня загрязнения в почвы вносили уксуснокислый кадмий из расчета: 1) контроль (без внесения кадмия); 2) 1 мг/кг; 3) 2 мг/кг; 4) 4 мг/кг; 5) 8 мг/кг; 6) 16 мг/кг; 7) 32 мг/кг; 8) 64 мг Cd/кг почвы. В качестве тест-растения была использована петрушка (*Petroselinum Mill.*).

При изучении гранулометрического состава и физико-химических свойств почвы руководствовались общепринятыми методами исследова-

дований. Валовое содержание и подвижную форму элемента в почвах, а также в растительных пробах, определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре. Для изучения буферной способности основных типов почв Западного Забайкалья по отношению к ТМ была использована методика оценки буферности почв, предложенная В.Б. Ильиным.

Естественное плодородие изученных почв существенно различалось. Согласно этому показателю почвы расположились в следующий убывающий ряд: аллювиальная луговая > аллювиальная дерновая > серая лесная > каштановая > псаммозем.

Наибольшее снижение урожайности растений в зависимости от типа почв и доз металла отмечено на псаммоземе, где отмечена гибель петрушки. Так, наименьшая продуктивность растений при максимальной дозе металла (64 мг/кг) была отмечена на каштановой и серой лесной почвах. Внесение возрастающих доз кадмия на аллювиальной дерновой почве не вызвало существенных изменений продуктивности растений, а на аллювиальной луговой почве стимулировало накопление растительной массы по отношению к контролю.

Накопление кадмия в системе почва – растение изменялось в прямой зависимости от устойчивости к загрязнению ТМ почв. При возрастающих дозах кадмия наибольшая его транслокация в растения отмечена на самой низкобуферной почве – псаммоземе, наименьшая – на самой буферной – аллювиальной луговой. Промежуточные позиции занимали по убыванию аллювиальная дерновая, серая лесная и каштановая почвы.

Уровни поступления кадмия в зеленую массу петрушки на изученных типах почв имели линейную функциональную зависимость и с высокой степенью достоверности описывались уравнениями прямой.

Содержание токсического элемента в растениях было выше допустимых значений на боровом песке, каштановой и серой лесной почвах уже при его минимальной дозе (1 мг/кг). С большой осторожностью возможно употребление в пищу петрушки, выращенной на аллювиальной дерновой почве при дозе Cd 1 мг/кг, на аллювиальной луговой – при 1–2 мг/кг.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов СО РАН 16.14 «Разработка системы комплексной индикации процессов опустынивания для оценки современного состояния экосистем Сибири и Центральной Азии, создание на её основе прогнозных моделей и системы мониторинга» и 23.11 «Инвентаризация экосистем»

УДК 631.4

АККУМУЛЯЦИЯ ПИРОГЕННЫХ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ

Цибарт А.С., Геннадиев А.Н.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, atsibart@mail.ru

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – высокомолекулярные органические соединения, в структуру которых входит бензольное кольцо. ПАУ относят к приоритетным органическим загрязнителям, так как они обладают канцерогенной и мутагенной активностью. Существует множество источников этих соединений в окружающей среде, но большая часть их связана с высокотемпературными процессами: вулканизмом, пожарами, сжиганием ископаемого топлива. При этом некоторые из этих источников освещены в литературе недостаточно, особенно мало данных о пирогенных ПАУ в почвах. Кроме того, слабо освещена связь особенностей накопления этих соединений в почвах с условиями горения (температурным режимом, количеством кислорода, рассеянием продуктов горения) и типом сжигаемого материала.

Одной из наиболее важных характеристик горения является степень рассеяния его продуктов. Интенсивное рассеяние продуктов происходит при сгорании растительности во время природных пожаров. Накопление ПАУ в почвах в этих условиях изучалось на трех заповедных территориях (Норский, Полистовский и Хакасский заповедники), пострадавших от лесных, торфяных и степных пожаров. Ограниченное рассеяние продуктов горения отмечается при сжигании древесины в печах. Аккумуляция ПАУ в почвах в этих условиях изучалась на примере участка с развитым печным отоплением – Биостанция МГУ (пос. Верхние Дачи). При слабом рассеянии продуктов горения малая часть их выносится за пределы участка. Такие условия имеют место в горящих угольных отвалах. В качестве объекта исследования выбраны почвы отвалов Байдаевского месторождения Кузнецкого угольного бассейна. Всего изучено 100 почвенных разрезов.

Для определения содержания ПАУ в образцах почв применялся спектрофлуориметрический анализ при низких температурах. Образцы анализировали на содержание 12 наиболее распространенных соединений: флуорен, нафталин, фенантрен, хризен, пирен, антрацен, тетрафен, бенз(а)пирен, бенз(ghi)перилен, ретен, бенз(е)пирен, коронен.

Установлено, что в условиях интенсивного рассеяния продуктов горения – при пожарах – аккумуляция ПАУ в профиле почв незначительна, а почвы фоновых и горевших участков по суммарному содержанию 12 ПАУ

отличаются не более, чем в 10 раз. При этом общее содержание полиаренов меняется в зависимости от региона, типа почвы, интенсивности пирогенного повреждения участка, но редко превышает 100–200 нг/г. Больше всего ПАУ аккумулируются в почвах после торфяных пожаров и после горения хвойных лесов, менее интенсивно – при сгорании травянистой растительности. Кроме того, имеют значение и свойства почв. Пирогенные воздействия в органо-минеральных почвах способствуют накоплению ПАУ в поверхностных горизонтах, в то время как в органогенных почвах часто отмечается их аккумуляция в подповерхностных горизонтах.

В условиях ограниченного рассеяния – при бытовом сжигании древесины – ПАУ очень интенсивно аккумулируются вблизи домов с дровяным отоплением, это происходит в пределах небольшой площади в верхних горизонтах почв (до 1000–1500 нг/г). При слабом рассеянии продуктов горения – в угольных отвалах – ПАУ умеренно накапливаются по всему профилю почв (до 500 нг/г).

Условия горения и тип материала определяют не только количество и профильное распределение, но и качественный состав пирогенных ПАУ в почвах. Сгорание хвойной древесины во время пожара способствует накоплению в почвах трех–четырёхъядерных соединений: ретена, фенантрена, хризена, тетрафена и шестиядерного бенз(ghi)перилена. При сгорании торфа происходит аккумуляция четырёхъядерных углеводородов: хризена, тетрафена, а также фенантрена и бенз(а)пирена. Наиболее легкие двух–трехъядерные флуорен и нафталин остаются в почвах при сгорании травянистой растительности. Горение углистого материала в отвалах способствует накоплению двух–трехъядерных соединений: нафталина, фенантрена, ретена, флуорена.

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И НЕФТИ НА ОБИЛИЕ БАКТЕРИЙ РОДА AZOTOBACTER В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Шабанова А.А.

ЮФУ, Ростов-на-Дону, alex-shab91@mail.ru

Чернозем обыкновенный играет важную роль в обеспечении продовольствием страны. По уровню плодородия чернозем обыкновенный – это самая плодородная почва планеты. При этом черноземы подвергаются значительной антропогенной нагрузке, одной из составляющих кото-

рой является загрязнение тяжелыми металлами и нефтью. Цель работы – изучение влияния ТМ и нефти на обилие бактерий рода *Azotobacter* в черноземе обыкновенном Воронежской области. В соответствии с целью была поставлена следующая задача: исследовать закономерности изменения обилия бактерий рода *Azotobacter* чернозёма обыкновенного в зависимости от природы и содержания загрязняющих веществ. Изучали действие разных концентраций загрязняющих веществ в почве: ТМ – 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно), нефть – 1, 5, 10% от массы почвы. Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0–25 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ. Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре и оптимальном увлажнении в трехкратной повторности. Металлы вносили в форме оксидов Cr_2O_3 , CuO , PbO , Ni_2O_3 . Состояние почвы определяли через 30 суток после загрязнения. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным. Показатель обилия бактерий рода *Azotobacter* был взят как наиболее информативный. *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде ЭШБИ. В результате исследования было установлено, что загрязнение чернозёма нефтью и тяжелыми металлами (ТМ) приводит к ухудшению её состояния. Наблюдалось снижение обилия бактерий рода *Azotobacter*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказывает оксид хрома. Три других тяжелых металла (свинец, медь и никель) проявили меньшее по силе воздействие: $\text{Cr} > \text{Pb} \approx \text{Cu} > \text{Ni}$. Снижение численности микроорганизмов в почве при загрязнении ТМ, очевидно, вызвано их токсическим действием, механизмы которого достаточно хорошо изучены. Это способность исследованных элементов связываться с сульфгидрильными группами белков, в результате чего нарушается проницаемость клеточных мембран и происходит ингибирование ферментов.

Выводы: 1. Загрязнение чернозема обыкновенного оксидами Cr, Cu, Ni и Pb приводит к ухудшению его состояния: снижается обилие бактерий рода *Azotobacter*. Степень снижения зависит от природы металла и его концентрации в почве. 2. Исследованные оксиды ТМ образуют следующий ряд по степени негативного воздействия на биологические свойства чернозема обыкновенного: $\text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Ni}$. 3. Проведенное исследование еще раз показало, что использованный в работе показатель обилие бактерий рода *Azotobacter* – можно рекомендовать к широкому использованию в целях мониторинга, диагностики, индикации и нормирования химического загрязнения почв.

УДК 632.125

**РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ
ЭКОСИСТЕМ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ****Шамшурина Е.Н., Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Беляев В.Р.***МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, НИЛ эрозии почв
и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, Москва, shamshyr@mail.ru.*

С 2007 года комплексные почвенно-экологические исследования проводились на территории Плавского района Тульской области. Данная территория подверглась значительному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (так называемое «Плавское» цезиевое пятно). Характер выпадения техногенного Cs-137 в апреле–мае 1986 года определил первичную неоднородность распределения Cs-137 по площади бассейна реки Плавы, пойма которой и послужила объектом исследования. Ареалы с различной плотностью загрязнения почв Cs-137 имеют вид полос, вытянутых в субширотном направлении. Таким образом, река Плава, долина которой ориентирована субмеридианально, пересекает в своем течении участки с различным уровнем загрязнения, от 0,5–1 Ки/км² в верховьях до 5–15 Ки/км² в средней, самой широкой части бассейна реки. С учетом неоднородности исходного поля загрязнения почв Cs-137 и особенностей строения пойменно-террасовых комплексов в бассейне реки Плава от верховьев до устья были выбраны 5 ключевых участков (вблизи населенных пунктов Стрешнево, Ляпуновка, Плавск, Юрьево и Крапивна).

Отбор образцов для определения содержания Cs-137 в почве на участках осуществлялся из почвенных разрезов послойно с площадок площадью 10x10 см (или 15x15 см) через 3–5–10–30 см (в зависимости от горизонта отбора) на глубину вероятного проникновения Cs-137 (в среднем до глубины 60–70 см), что позволило получить данные вертикального распределения Cs-137 по почвенному профилю.

Особенностью Cs-137 как техногенного загрязнителя почв является то, что он фиксируется в почве за счет процессов включения в кристаллическую решетку минералов и очень быстро переходит в необменную форму. В связи с этим, характер вертикального распределения техногенного радионуклида в почвенном профиле дает информацию темпах поступления загрязненного почвенного материала на площадку отбора в последующие после аварийного выброса годы.

В случае аэриального поступления Cs-137 на стабильную поверхность почв, которая не подвергается никаким внешним воздействиям, через 25 лет характер вертикального распределения будет регрессивно-аккумуля-

тивный. В случае если поверхность почвы подвергается эрозионному намыву, а также периодическому затоплению в период формирования дождевых паводков и весеннего половодья, то характер вертикального распределения будет прогрессивно-аккумулятивным. Но в накапливающемся почвенном материале со временем будет уменьшаться удельная активность Cs-137. При этом поверхность почвы на момент аварии в 1986 году маркируется максимальной активностью радионуклида.

По результатам аналитических работ были рассчитаны запасы Cs-137 в разрезах (было проанализировано порядка 55 разрезов) и построены карты плотности загрязнения почв Cs-137. Удельные активности Cs-137 в слоях отбора на различных участках долинного комплекса реки Плавы сравнивались с удельной активностью донных отложений, свежееотложившегося пойменного наилка и пахотных горизонтов на распаханых приводораздельных склонах. Было показано, что на всем протяжении реки на низкой пойме идет наиболее активная трансформация плотности загрязнения почв Cs-137 в связи с практически ежегодным поступлением загрязненного цезием материала, несомного полыми и паводковыми водами. Откладывающийся материал имеет меньшую удельную активность Cs-137 по сравнению с активностью горизонтов почвы, датированных чернобыльской аварией, что ведёт к захоронению наиболее загрязненных Cs-137 горизонтов почвы. На средней и высокой пойме происходило незначительное поступление наносов, в связи с редкой повторяемостью высоких половодий в последние 20–25 лет. Здесь более важную роль в трансформации исходных полей загрязнения почв Cs-137 играет радиоактивный распад элемента.

УДК 631.416

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Шапченкова О.А.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, shapchenkova@mail.ru

Исследован фракционный состав соединений Cu и Ni в почвах севера Средней Сибири, подверженных воздействию аэротехногенных выбросов предприятий цветной металлургии. Фракционирование Cu и Ni проводилось по схеме Цайена и Брюммера (Zeien H., Bruemmer G.W.). Во всех растворах содержание металлов определялось методом ICP-OES (оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой).

Результаты фракционирования свидетельствуют о том, что в поверхностных органогенных и органоминеральных горизонтах почв никель присутствует преимущественно в составе остаточной фракции, тогда как значительное количество меди связано с органическим веществом и аморфными гидроксидами железа. До 11% Cu и 14% Ni от валового содержания в органогенных и органоминеральных горизонтах обнаружено в составе подвижной фракции. В минеральных горизонтах почв относительное содержание металлов в подвижной фракции, как правило, значительно меньше (0.1–4.0%).

УДК 550.47+502.65] (571.63)

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ УРБОЭКОСИСТЕМ СВИНЦОМ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ВЛАДИВОСТОКА)

Шихова Н.С.

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, shikhova@ibss.dvo.ru.

Известно, что технофильность свинца – одна из самых высоких среди химических элементов, а его техногенный поток значительно превышает природные миграционные циклы. Мощным поставщиком свинца в городские экосистемы является автомобильный транспорт. В связи с этим проблема техногенного загрязнения биотических компонентов урбоэкосистем соединениями свинца является весьма актуальной для многих крупных городских агломераций и мегаполисов страны и мира, в том числе и Владивостока.

В ходе многолетнего мониторинга растительности и почв селитебной и лесопарковой зон г. Владивостока были установлены высокие уровни свинца в биотических компонентах урбоэкосистем, значительно превышающие фоновые значения. Валовое содержание свинца в поверхностных горизонтах (0–20 см) городских почв варьирует от 3,64 до 667,28 мг/кг, составляя в среднем $97,58 \pm 8,77$ мг/кг. Наблюдается значительная вариабельность содержания свинца также в зависимости от типа насаждений, которые в какой-то мере характеризуют разнообразие экологических условий городской среды: 64,78 (сады) – 113,43 мг/кг (скверы). В условиях местного экологического фона (пригородная лесопарковая зона) содержание свинца в аккумулятивных горизонтах бурых лесных почв под дубняками составляет в среднем $27,5 \pm 3,35$ мг/кг с варьированием по пробным площадям в

пределах 0,34–75,7 мг/кг сухого вещества почвы. Отмечено также значительное его снижение вниз по профилю для большинства исследованных почв лесопарка.

Накопление свинца растениями обусловлено многими факторами, главными из которых являются систематическое положение, принадлежность к той или иной жизненной форме, условия произрастания. Среди 77 опробованных видов деревьев и кустарников урбофитоценозов содержание свинца в листьях колеблется от 1,24 (*Acer tegmentosum* Maxim.) до 25,67 мг/кг (*Crataegus pinnatifida* C.K.Schneid.), в лесопарковых сообществах (выборка из 79 видов) – от 0,81 (*Armeniaca mandshurica* (Maxim.) B. Skvortz.) до 15,07 мг/кг (*Rubus sachalinensis* Lévl.). Среднее содержание металла в листьях городской дендрофлоры составляет $10,80 \pm 0,63$, лесопарковой зоны – $4,12 \pm 0,31$ мг/кг сухого вещества. Для травянистых растений урбофитоценозов содержание свинца в надземной фитомассе по результатам обследования укосного травостоя варьирует по пробным площадям от 3,99 до 24,72 мг/кг при среднем значении $9,78 \pm 0,44$ мг/кг, природных сообществ – 3,09–13,85 мг/кг и $6,46 \pm 0,67$ мг/кг соответственно. Выделены группы низкого, пониженного, повышенного и высокого содержания свинца в растениях.

Коэффициент биологического поглощения (КБП) свинца, характеризующий вклад почвенной составляющей в общую сумму накопления элемента растениями, в условиях городской среды составляет в среднем для выборки 0,19 и варьирует по видам от 0,05 до 0,54 (коэффициент вариации – 50%). Отмечено закономерное снижение величины КБП среди выделенных групп видов высокого, повышенного, пониженного и низкого уровня содержания элемента в ассимиляционных органах растений. В фоновых условиях такая тенденция, в целом, сохраняется, но наблюдается более интенсивное поглощение почвенного свинца растениями групп высокого и повышенного содержания металла. Его среднестатистическое значение для общей выборки растений составляет в данных условиях 0,24, вариабельность по видам – 0,02–0,89 (коэффициент вариации – 66%).

Было также установлено, что *Ulmus japonica* (Rehd.) Mayr, *Betula platyphylla* Sukacz., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Armeniaca mandshurica* (Maxim.) B. Skvortz. и *Physocarpus opulifolia* (L.) Maxim. обладают безбарьерным типом поглощения свинца и могут использоваться при фитоиндикации уровня загрязнения городских почв этим металлом.

**ДИНАМИКА ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОГО
ПРЕДУРАЛЬЯ**

Шорина Т.С.

*ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный университет, Оренбург,
tanusha852@rambler.ru*

Нефть, попадая в почвы, в первую очередь оказывает негативное влияние на их водно-физические свойства, что сказывается на живых организмах и, в первую очередь, на сосудистых растениях, которые вследствие связи с почвой постоянно подвергаются воздействию содержащихся в нефти токси-кантов. Знание степени устойчивости растений к углеводородному сырью необходимо для решения вопросов, связанных, с одной стороны, с возможностью их возделывания на загрязненной почве, а с другой – с использова- ния для восстановления нарушенного почвенного плодородия.

Участки исследования загрязнялись различными дозами нефти – 3,6,12,18% от массы почвы. Исследования динамики геоботанических показателей загрязненных участков показали, что в первый год исследо- ваний с ростом дозы нефтяного загрязнения биопродуктивность расти- тельных сообществ уменьшается. Объем подземной фитомассы снижает- ся, что связано с изменением видового состава фитоценозов, его обили- ем и с анатомическим строением корневых систем растений: мочковатая у злаков заменяется стержневой большинства видов степного разнотра- вья. На момент завершения исследования (третий год) целинная расти- тельность контрольного участка осталась без изменений. Общее проек- тивное покрытие составило 70–60%. Высота надземных побегов в сооб- ществах уменьшилась до 45–35 см. Флористическое богатство на пло- щадке описания представлено 46 видами. Доминирующее положение продолжают занимать *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr и *Festuca valesiaca* Gaudin. Величина подземной фитомассы составила 179,5 ц/га. Общие за- пасы фитомассы – 259,1 ц/га. На участках с 3-х%-ым загрязнением оста- точное содержание нефти к третьему году достигает допустимого уров- ня. Геоботанические показатели исследуемых участков с этим уровнем загрязнения приближаются к таковым на контрольном участке.

Данные корреляционного анализа показали тесную связь геоботани- ческих показателей нефтезагрязненных участков с физическими свой- ствами этих почв. Оценка структурно-агрегатного состояния контроль-

ного участка показала снижение коэффициента структурности вниз по почвенному профилю. В первый год исследований дозы нефти 3, 6 и 12% способствуют увеличению коэффициента структурности по сравнению с контролем. ПОЧЕМУ? На участках, загрязненных 18%-ой концентрацией нефти наблюдается снижение структурности до неудовлетворительной. На завершающем этапе увеличение коэффициента структурности наблюдается в слое 10–30 см при 6%-ом загрязнении и в слое 0–30 см при 12%-ой дозе нефти. Участок с 3%-ым загрязнением практически полностью восстанавливает свои структурные свойства до уровня незагрязненных почв. Содержание агрономически ценных агрегатов в первый год исследований увеличивается при 3, 6 и 12%-ой дозе нефти. При 18%-ой дозе нефти происходит образование глыбистых фракций, что сопровождается ухудшением показателей структурного состояния почвы. Исследования третьего года показали снижение доли глыбистых агрегатов при 6 и 12%-ом загрязнении в среднем до 20–35%. Плотность почв, являющаяся одним из основных агрофизических показателей от которого во многом зависит развитие корневой системы растений в пределах корнеобитаемого горизонта, составляет от 1,11 в слое 0–10 см и возрастает до 1,14 г/см³ в слое 20–30 см. Плотность черноземов возрастает под влиянием нефтяного загрязнения в первый год эксперимента, достигая границы переуплотнения в слое 10–30 см при 6, 12 и 18%-ом загрязнении, что ведет к созданию в корнеобитаемом слое условий, близких к анаэробным. На третий год переуплотнение почв выявлено лишь при 18%-ом их загрязнении. Таким образом выявлена тесная зависимость геоботанических показателей от водно-физических свойств нефтезагрязненных почв.

УДК 614.77:630*114(571.56)

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МЕРЗЛОТНОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ Г. ЯКУТСКА

Щелчкова М.В.

*ФГАОУ ВПО «Северо-восточный государственный университет
им. М.К. Аммосова», Якутск, mar-shchelchkova@yandex.ru*

Городские почвы подвержены постоянному воздействию разнообразных антропогенных факторов. Среди них важную негативную роль играет автотранспорт. Продукты сгорания топлива, содержащие окис-

лы углерода, серы, тяжелые металлы активно аккумулируются почвами, изменяя их химические и биологические свойства. Фундаментальная роль микроорганизмов и их метаболитов – ферментов в функционировании почв и высокая степень реагирования на изменение среды определяет целесообразность использования последних в мониторинговых исследованиях. Нами изучена численность основных трофических и таксономических групп микроорганизмов и ферментативная активность мерзлотной лугово-черноземной почвы в зоне влияния одной из крупных автомагистралей г. Якутска. Определена также пылевая нагрузка на почвы и интенсивность поступления и накопления в них тяжелых металлов Pb, Cu, Zn. Методом снегосъемки установлено, что наиболее сильному запылению подвержена 10-метровая зона, прилегающая к дороге – в течение 6 месяцев (октябрь–апрель) на 1 кв. м поверхности выпадает в среднем 92 г пыли. В составе пыли на 1 кв. м поверхности поступает 4,26 мг Pb, 5,41 мг Cu, 18,70 мг Zn. На расстоянии 20–50 м от дороги пылевая нагрузка и поступление тяжелых металлов снижается приблизительно в 10 раз, а на расстоянии 100–250 м – в 100 раз. Верхние слои придорожных почв накапливают тяжелые металлы. Повышенное содержание Pb и Zn отмечается на расстоянии до 50 м от дороги, а Cu – лишь 2 м от дороги. В этой зоне валовое содержание Pb превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в 1,5–3 раза, Zn – в 1,5–2,5 раза, а валовое содержание Cu достигает 1 ПДК. Содержание подвижных форм тяжелых металлов, наиболее опасных для почвенной биоты, также достигает высоких значений. Подвижный Pb превышает ПДК в 5–7 раз, подвижный Zn – в 1,5–2,5 раза, а подвижная Cu – в 1,5 раза. Изменение биологической активности придорожных почв носит более сложный характер. Анализ микрофлоры показал, что численность основных трофических групп микроорганизмов – гетеротрофов, олигонитрофилов и бактерий, использующих минеральные источники азота, варьирует в очень широких пределах и не связана тесно со степенью загрязнения почв. Вместе с тем, на фоне резких колебаний численности микроорганизмов закономерно изменяется таксономический состав микробсообщества. В почвах фонового участка и слабо загрязненных почвах (50–250 м от дороги) содержание бактерий в составе микробного комплекса достигает 20%, а содержание актиномицетов соответственно 80%. В почвах, расположенных в 2–20 м от дороги и сильно загрязненных выбросами автотранспорта, соотношение этих групп микроорганизмов меняется: доля актиномицетов снижается до 18–20%, а доля бактерий возрастает до 80%.

Активность почвенных ферментов в значительной степени отражает метаболическую активность почвенной микрофлоры. Выхлопы автотранспорта подавляют в придорожных почвах активность гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов. Наиболее чувствительными к загрязнению оказались гидролитические ферменты фосфатаза и уреазы и окислительно-восстановительные ферменты каталаза и дегидрогеназа. Таким образом, можно констатировать, что активная эксплуатация автотранспорта приводит к загрязнению мерзлотных лугово-черноземных почв тяжелыми металлами, изменяет таксономический состав почвенной микрофлоры и снижает ее метаболическую активность.

Секция Е

БИОЛОГИЯ ПОЧВ

Председатель: чл.-корр. РАН И.Ю.Чернов

УДК 631.46

**ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ
АНТИБИОТИКОВ**

Акименко Ю.В.

ЮФУ, Ростов-на-Дону, Yullashka@yandex.ru

Отмечая широкие возможности использования антибиотиков в лечебных целях, разрабатывая методы, позволяющие преодолевать множественную лекарственную устойчивость у микроорганизмов, нельзя не учитывать очень важного фактора, который приобретает всё большую актуальность: это влияние антибиотиков на окружающую среду.

Среди важных вопросов, связанных с проблемой «антибиотики и окружающая среда», немалое значение приобрело влияние антибиотиков на различные почвенные биоценозы. Микрофлора в различных населённых пунктах, на территории лечебных учреждений, на предприятиях, производящих препараты, на животноводческих фермах, микрофлора сточных вод благодаря применению антибиотиков изменилась. Без микробов существование почвы невозможно, так как они являются необходимым звеном в круговороте всех биогенных элементов, участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия. Таким образом, антропогенное воздействие, нарушающее почвенные биоценозы, заключается в попадании и накоплении в почве химических соединений, к которым относятся и антибиотики.

Целью данного исследования являлось изучение изменения численности и активности физиологических групп почвенных микроорганизмов, динамики ферментативной активности чернозема обыкновенного под влиянием биологически активных веществ – антибиотиков.

Объектом исследования являлся чернозем обыкновенный (Ботанический сад ЮФУ, Ростов-на-Дону). Для изучения устойчивости микрофлоры чернозема обыкновенного использовались следующие антибиотики: бензилпенициллин, нистатин и фармазин. Методика исследования, за-

ключалась в следующем: образцы почвы (0–20 см), массой 150 г, обрабатывали раствором антибиотиков бензинпенициллина, фармазина, а также комплексами растворов бензинпенициллина и нистатина и фармазина и нистатина, в различных концентрациях: 100 мг/кг, 300 мг/кг, 450 мг/кг, 600 мг/кг почвы. Исследования проводились через 10 суток при температуре 20–25 °С. Образцы почвы в течение всего опыта инкубировали в темном месте, во избежание быстрого разложения антибиотиков, а также при постоянной температуре и влажности. Отобраны пробы для осуществления анализов.

Изучение биологической активности почвы осуществлялось путем исследования изменения численности микроорганизмов на плотных питательных средах. Для бактерий использовалась среда МПА, для микромицетов – среда Чапек (подкисленная), для актиномицетов – среда КАА, для *Azotobacter* – среда Эшби. Для изучения ферментативной активности, были использованы методы.

На основании проведенного нами исследования, нам удалось:

1. Зафиксировать снижение численности микроорганизмов и ферментативной активности чернозема обыкновенного во всех вариантах опыта с различными концентрациями антибиотиков;
2. Установить прямую зависимость между дозой антибиотика и степенью снижения, как ферментативной активности, так и микробиоты почвы (чем выше доза, тем сильнее эффект);
3. Выявить, что степень влияния антибиотиков определяется их структурой и механизмом действия, на основании которых выделяют разные группы. В рамках нашего опыта бактериостатические препараты (фармазин) оказывали наиболее отрицательное действие в отличие от бактерицидных (бензилпенициллин).
4. Установить, что комплекс антибактериальных и антигрибковых препаратов оказывает наибольшее подавляющее действие, нежели действие одного антибиотика.
5. Выявить, что антибиотики, в незначительной степени приводят к смещению кислотно-щелочного баланса почвы в щелочную сторону.

Однако необходимо понимать, что результаты, полученные в лабораторных условиях нельзя непосредственно переносить на явления, имеющие место в естественных местах обитания организмов, явления микробного антагонизма в почве протекают своеобразно, иногда значительно отличаясь от антагонизма тех же микробов на искусственных питательных средах.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г., Сусьян Е.А., Иващенко К.В.

*Учреждение Российской академии наук Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, ananyeva@rambler.ru*

Оценка качества и здоровья почвенных ресурсов стимулируется обеспокоенностью их стремительного истощения и сокращения. Экологические свойства почвы, в том числе и биологические, при оценке земель и их стоимости практически не учитываются.

Изучено пространственное распределение микробиологических показателей почв и факторов их определяющих для территории Серпуховского, и Подольского р-нов Московской обл. (1080 и 1130 км² соответственно) с целью оценки качества почвы через ее биологический компонент. Образцы почв (всего 258) отбирали осенью (0–10 см, без растительной подстилки) из 5-ти точек условных квадратов со стороной 2 и 5 км для Серпуховского и Подольского соответственно. При отборе диагностировали экосистему (лес, луг, пашня), почву (дерново-подзолистая, ДП; дерново-глеявая, ДГ; болотно-подзолистая, БП; аллювиально-луговая, АЛ и серая лесная, СЛ), доминирующую растительность, рельеф и высоту (GPS). В образцах определяли углерод микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) методом субстрат-индуцированного дыхания, скорость базального дыхания (БД) и физико-химические показатели; рассчитывали отношение $\text{БД} / C_{\text{мик}} = q\text{CO}_2$ и $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$.

Показано, что $C_{\text{мик}}$ и БД почвы лесов были достоверно выше, чем залежи и пашни (173–1394 мкг С г⁻¹ и 0.34–3.25 мкг СО₂-С г⁻¹ ч⁻¹, n = 151; 58–1366 и 0.19–2.43, n = 107 соответственно). Средние значения $C_{\text{мик}}$ и БД почв лесов Серпуховского р-на были в 3.5 и 5.3 раза больше, чем пахотных, Подольского – в 4.1 и 3.0 раза соответственно. В интервале низких значений $C_{\text{мик}}$ (43–500 мкг С г⁻¹) представлены почвы всех изученных экосистем, средних (501–1000) – залежные и лесные, а высоких (≥1000) – только лесные (достоверно наименьшие – при доминировании сосны, а наибольшие – лиственных деревьев, ели и их комбинаций).

Достоверно высокие величины $C_{\text{мик}}$ отмечены для ДГ почвы, высокие БД – для БП и ДГ (среднее 1103 мкг С г⁻¹ и 1.4 мкг СО₂-С г⁻¹ ч⁻¹ соответственно). Наименьшие значения $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ отмечены для пашни (среднее 1.06%, n = 34), для залежи и леса – большие (1.81 и 1.96%, n = 90 и 151 соответственно). Отношение $C_{\text{мик}} / C_{\text{орг}}$ серой лесной почвы было в 5 раз

больше такового для БП (среднее 2.39 и 0.49%, $n = 56$ и 4 соответственно). Величина $q\text{CO}_2$ почв изменялась от 0.34 до 6.52 $\text{мкг CO}_2\text{-C мг}^{-1} \text{С}_{\text{мик}} \text{ч}^{-1}$, достоверно высокое среднее $q\text{CO}_2$ отмечено в лесах и для ДП (2.23 и 2.28), а низкое – на пашне и для ДГ (1.42 и 1.15 $\text{мкг CO}_2\text{-C мг}^{-1} \text{С}_{\text{мик}} \text{ч}^{-1}$ соответственно). Отмечено, что интервалы величин $\text{С}_{\text{мик}}$, БД, $q\text{CO}_2$ и $\text{С}_{\text{мик}} / \text{С}_{\text{орг}}$ для почв двух р-нов довольно близки, а их средние значения – достоверно не различались, что позволяет уменьшить количество отбираемых образцов для мониторинга почв подобной территории.

Для оценки качества почвы рассчитан почвенно-экологический индекс (ПЭИ) на основе физико-химических, агрохимических свойств почв и климатических условий. На залежи, пашне и в лесу ПЭИ составил в среднем 70.2, 72.8 и 54.4 балла соответственно, причем в лесу достоверно низкие значения были при доминировании сосны, а высокие – лиственных деревьев. Наиболее тесная корреляция ПЭИ и показателей $\text{С}_{\text{мик}}$, БД, $q\text{CO}_2$ и $\text{С}_{\text{мик}} / \text{С}_{\text{орг}}$ характерна для почвы лесов ($r = 0.59, 0.33, -0.59$ и 0.53 , $n = 151$ соответственно). Показано, что для сравнительной оценки качества почвы разных экосистем по величине ПЭИ, локализованных в одной климатической зоне, целесообразно использовать «поправочный» коэффициент с учетом содержания в ней $\text{С}_{\text{мик}}$.

УДК 630*114.261

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В СОСНЯКАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ АЗОТА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Антонов Г.И.¹, Безкоровая И.Н.²

¹*Институт Леса СО РАН им.В.Н.Сукачева, Красноярск, egoan@yandex.ru*

²*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, birinik2011@yandex.ru*

Антропогенная трансформации почвы при лесозаготовках – одна из наиболее актуальных экологических проблем сопутствующая развитию лесной отрасли Красноярского края. Почва – наиболее насыщенный различными формами жизни компонент экосистемы и своим плодородием обязана именно живой фазе, поэтому при разбалансировке экосистемы почвенная биота является индикатором ее нарушенности. Наличие азота, как наиважнейшего элемента питания в наземных экосистемах, оказывает значительное влияние на почвенное плодородие. Поэтому оценка азотного фонда почв после воздействия различных экзогенных факторов крайне необходима на первых этапах трансформация верхнего плодородного слоя.

Объекты исследования – сосняки экспериментального хозяйства Погорельский Бор Института Леса СО РАН. Погорельский Бор – интразональный участок Красноярской лесостепи (N 56°22' E 92°57'). Состав древостоев – 10С, возраст – 100–120 лет, II–III бонитета. Пробные площади установлены в сосняке бруснично-разнотравно-зеленомошном (полнота – 1,0; количество стволов – 397 шт/га; запас древесины – 532 м³/га), сосняке разнотравно-зеленомошном (полнота – 0,8; количество стволов – 311 шт/га; запас древесины – 448 м³/га), сосняке брусничном (полнота – 0,8; количество стволов – 470 шт/га; запас древесины – 435 м³/га).

В вышеперечисленных сосняках в разное время были проведены выборочные рубки разной интенсивности: в сосняке бруснично-разнотравно-зеленомошном – 42% по запасу; в сосняке разнотравно-зеленомошном – 27%; в сосняке брусничном – 40%.

Цель работы – оценить влияние выборочных рубок на фракционный состав азота дерново-подзолистых почв.

Основные физико-химические свойства почвы определялись методом ближней инфракрасной спектроскопии с использованием сканера NIR4250. Гидролизруемые формы азота определяли титриметрическим методом с помощью щелочного гидролиза по Корнфильду. Анализ основных физико-химических характеристик дерново-подзолистой почвы на пробных площадях показал, что по содержанию валового азота подстилки сосняков близки, его концентрация составляет 918–1060 мг/100 г. В минеральной части почвенного профиля содержание азота снижается вниз по профилю от 191,3–252,5 до 10–38,5 мг/100 г. Азотный фонд почв сосняков Красноярской лесостепи представлен минеральным, легкогидролизруемым (ЛГ), трудногидролизруемым (ТГ) и негидролизруемым (НГ) азотом. Азот в дерново-подзолистых почвах до рубок на 78–92% представлен негидролизруемым. Среди гидролизруемых форм доминируют в основном ЛГ – 5,5–12,2%. На трудногидролизруемую фракцию приходится 2,5–9,8% от валового азота. В результате лесозаготовок на технологических участках накапливаются порубочные остатки, изменяются температурный и световой режим, что в свою очередь отражается на накоплении валового азота и его фракций. После проведения лесозаготовок содержание валового азота в подстилках сосняков снижается по мере увеличения интенсивности разреживания сосняков от 985,8 до 802,4 мг/100 г. Отмечено снижение ЛГ азота в подстилке через год после рубки до 5,5–6,2%. В минеральном слое содержание ЛГ азота повысилось до 1,7–37,5%. Произошло

увеличение ТГ азота до 30,3–46,3%. Также наблюдается увеличение фракции НГ азота до 93,2–96,3%. Полученные данные по фракционному составу азота дерново-подзолистых почв под разреженными сосняками показали увеличение негидролизующей фракции, что свидетельствует о том, что лесозаготовки в сосняках Красноярской лесостепи отрицательно сказываются на доступности азота растениям и почвенной фауне.

УДК 631.427.22(470.21)

МИКРОБНАЯ ИНДИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Афанасова Е.Н.¹, Сорокин Н.Д.²

¹СФУ, Красноярск, afanasova-elena@mail.ru;

²Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск, microlab@ksc.krasn.ru

Исследованы изменения в составе микробных комплексов и их биохимической активности в почвах вблизи сильного источника эмиссий HF Красноярского алюминиевого завода (КрАЗа). Также изучена реакция интродуцированной в загрязненную фторидами и сульфитом почву культуры *Bacillus subtilis*. Выявлено резкое уменьшение численности неспорных бактерий и актиномицетов (в 2–4 раза), в меньшей степени микроскопических грибов и спорных бактерий. При этом количественное соотношение неспорных и спорных бактерий уменьшается в 7–15 раз при повышении концентрации загрязнителя до критической и недопустимой и может быть адекватным показателем степени техногенного воздействия на почвенную экосистему. Также с ростом концентрации HF в модельных опытах идет спад численности вегетативных клеток *B. subtilis*, число спорных форм достоверно не меняется. Из морфологических изменений отмечено увеличение средних размеров клеток в 1,5–2 раза. На основе интродуцированной в загрязненные соединениями HF, NaF и Na₂SO₃ почвы тестовой культуры *B. subtilis* проведено микробиологическое техногенное нормирование и рассчитан резерв прочности экосистемы. По реакциям тестовой культуры выделено 4 уровня техногенного воздействия основных поллютантов (HF, NaF, Na₂SO₃): допустимый, предельно допустимый, критический и недопустимый. Предельно допустимая доза по NaF для популяции *B.subtilis* достигала 700 мг/кг почвы, по HF – 50 мг/кг почвы, по Na₂SO₃ не превышала 150 мг/кг, а при совместном действии

NaF и Na_2SO_3 – 500 мг/кг. Рассчитав разницу между дозами загрязнителя, вызывающими критическое и допустимое воздействия, получили данные, которые могут служить характеристикой устойчивости состояния экосистемы, ее экологического резерва. Наименьшим резервом прочности в темно-серой почве обладали микробные популяции при воздействии на них фтористого водорода – $175 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ почвы, наибольшим фтористого натрия – $4080 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ почвы. Установлено, что активность протеазы после внесения сульфита и фторида натрия в концентрациях 50 и $120 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ почвы увеличилась в 1.1–1.3 раза по сравнению с контролем. При внесении NaF и Na_2SO_3 в более высоких дозах – активность всех ферментов снизилась в 1.3–2.2 раза. Влияние повышенных концентраций HF на активность протеаз незначительно. Активность других ферментов: каталазы, уреазы, инвертазы закономерно снижается с увеличением дозы всех используемых в опыте загрязнителей. Особенно сильное негативное воздействие оказывает высокая концентрация HF – $200 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ почвы. Причиной снижения биохимической активности микробных ассоциаций могут служить образующиеся в почве нехарактерные для нее солевые комплексы. Отмечено резкое снижение содержания микробной биомассы и численности гетеротрофных микроорганизмов (в 2–5 раз) при внесении различных доз загрязнителей на 7-е, 14-е и 28-е сутки анализа. При этом базальное дыхание микроорганизмов возрастало в 1,5–2 раза. Для оценки функциональной активности микробных комплексов в химически загрязненных почвах использован показатель удельной дыхательной активности ($q\text{CO}_2$), который может служить интегральным выражением состояния и мерой устойчивости микробного сообщества почвы к различным нарушениям. В наших исследованиях средние значения коэффициента удельной дыхательной активности $q\text{CO}_2$ возрастали с ростом концентрации загрязняющих соединений в 1,5–3 раза по сравнению с контролем. Максимальные изменения $q\text{CO}_2$ зарегистрированы при воздействии на почву самых высоких концентраций Na_2SO_3 – $200 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ и NaF – $4200 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ почвы. Таким образом, снижение иммобилизации углерода почв в микробной массе при сильном загрязнении приводит к потере его в виде эмиссии CO_2 . Микробный метаболический коэффициент при этом свидетельствует о значительных функциональных нарушениях в сообществе микроорганизмов почвы.

ДИАГНОСТИКА ПЕСТИЦИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Бахарева Л.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, liliabach@mail.ru

В последние десятилетия почвы подвергаются загрязнению ксенобиотиками, среди которых особое место занимают пестициды. Несмотря на то, что последние поколения применяемых современных препаратов пестицидов становятся все более селективными и слабоустойчивыми в окружающей среде, проблема их воздействия на биологические объекты остается актуальной.

Целью работы было определение реакции биологической активности почвы на загрязнение современными препаратами пестицидов: гербицида зенкор, фунгицида ломадор и инсектицида газоль. Дозы вносимых препаратов составили 1, 10, 100, 1000 и 10000 мг/кг почвы. Изучали реакцию на загрязнение пестицидами следующих биоиндикаторов: активность каталазы, дегидрогеназы, фосфатазы и интенсивность выделения почвой углекислого газа (дыхание почв). Исследования проводили на 1, 10 и 100 суток после загрязнения. Пестициды вносили в сухую почву вместе с водой. Контролем служила незагрязненная почва. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый обладает слабощелочной рН, низким содержанием гумуса (около 4%). Почва для опытов отбирали из пахотного горизонта (0–20 см) чернозема в Ботаническом саду Южного федерального университета (Ростов-на-Дону).

В результате исследований выявлено, что активность каталазы зависит от дозы, срока и, в меньшей степени, от вида загрязняющего вещества.

Наибольший эффект загрязнение вызывает в первые дни после воздействия. По всей видимости после этого происходит их частичное разложение пестицидов и инактивация. Через 100 суток после загрязнения активность каталазы восстанавливается на всех дозах кроме сверхвысоких (10000 мг/кг), где снижение активности отмечалось на уровне 26–29% от контроля независимо от вида препарата. В этот срок зафиксированы и некоторое повышение (на 6–19%) активности фермента во всех вариантах кроме варианта с максимальным уровнем загрязнения. Это связано со снижением общего уровня активности каталазы, вследствие понижения общего уровня биологической активности в условиях отсутствия или угнетения источников ферментов в почве (растений и микроорганизмов).

Активность дегидрогеназы также сильно ингибировалась высокими дозами пестицидов, особенно через сутки после загрязнения. Снижение составляло до 2–5 раз относительно контроля. Все дозы всех пестицидов в этот момент значительно понижали активность дегидрогеназы. Однако уже через 10 суток активность дегидрогеназы в значительной мере восстанавливалась. При этом низкие дозы препаратов даже несколько активировали дегидрогеназу. Но высокие дозы по-прежнему способствовали ее снижению. Через 100 суток после загрязнения активность каталазы полностью восстановилась в вариантах с внесением инсектицида, но по-прежнему была ниже контроля в вариантах с высокими дозами фунгицида и гербицида (на 34 и 51% соответственно).

Активность фосфатазы при загрязнении пестицидами изменялась аналогично другим исследованным ферментам. Интенсивность дыхания при загрязнении пестицидами в первый срок значительно (до 3–4 раз) превышала контрольные значения, однако уже через 10 суток значения этого показателя стабилизировались на величинах, близким к контрольным. При этом различий в действии разных доз препаратов пестицидов не было установлено. Следовательно, дыхание почв ограничено применимо в диагностике ранних стадий загрязнения почв пестицидами.

По результатам исследования установлено, что ферментативная активность может быть использована в качестве индикатора высокого уровня пестицидного загрязнения черноземов.

УДК 631.45.633.174:633.62:576.581.13:576.80

РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ АССОЦИАЦИИ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ УСТРАНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ

Белоусов В.С., Швец А.А.

*ГНУ Всероссийский НИИ биологической защиты растений РАСХН,
Краснодар, vsbelousov@mail.ru*

Изучение эффективности микроорганизмов группы PGPR *Pseudomonas* для повышения продуктивности сорговых культур, используемых вследствие присущего им высокого фитомелиоративного действия при реабилитации агроландшафтов, подверженных деградационным процессам, позволило нам обосновать систему фитобиоремедиации, состоящую из трех компонентов биологического воздействия на почву: растение (сорт сорго в зависимости от типа почв, харак-

тера и степени проявления деградационных процессов (профильное уплотнение, засоление)) – эндомикоризные грибы (р. *Glomus*) – ризосферные бактерии PGPR *Pseudomonas*. Технология позволяет увеличить биогенность почвы и способствовать доведению микробиологических процессов до оптимального для конкретных условий уровня. В присутствии бактерий увеличивалось количество выделяемых корневой системой сорговых культур углеводов. Максимальное увеличение количества сахаров (в десятки раз) происходит при инокуляции семян штаммами *Pseudomonas fluorescens* 38a (продуцент пиолютеорина) и *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393 (продуцент феназинов). Внесение в почву эндомикоризного гриба *Glomus intraradices* штамм 7 увеличивает в ризосфере растений количество флюоресцирующих псевдомонад в 3–4 раза. Средорегулирующие способности микроорганизмов имеют свои ограничения, поэтому в системе мер управляющего воздействия на эволюцию биоценозов основная роль принадлежит растениям. На почвах лугового типа при выращивании зернового и силосного сорго наиболее эффективно было использование *Pseudomonas fluorescens* 38a, на сорго-суданковых гибридах наибольший эффект был от инокуляции штаммами *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393. Добавление штамма эндомикоризного гриба повышало продуктивность растений на 15–20% за счет суммарного эффекта. При изучении процессов устранения профильного уплотнения почв черноземного типа с помощью сорговых культур было установлено, что наиболее эффективно использование *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393 и *Glomus intraradices*. Изучение микробного ценоза пшеничных полей на черноземных почвах после различных предшественников почвоило установить, что наибольшее видовое разнообразие грибов родов *Penicillium* и *Aspergillus* (17 видов) отмечается после сорговых культур и гороха. Наши исследования в зоне древней дельты реки Кубань – основного региона возделывания риса в РФ, где особенно остро проявляются процессы деградации почв, показали, что уже двухлетнее выращивание сорговых культур снижает плотность сложения с 1,35–1,40 г/см³ до 1,15–1,20 г/см³. В условиях сульфатно-хлоридного и гидрокарбонатно-сульфатного засоления содержание токсичных ионов гидрокарбонатов уменьшается в два раза, хлорид-ионов в 2–3 раза. Это сказывается на урожайности последующих культур. В производственных условиях урожайность риса после фитомелиораций с помощью сорговых культур повышается на 3–5 ц/га.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОЛИТИЧЕСКОГО МИКРОБНОГО КОМПЛЕКСА ПОГРЕБЕННЫХ И СОВРЕМЕННЫХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Быкова Е.М.

МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, bzzzik007@mail.ru

Использование различных свойств палеопочв как индикаторов динамики природной обстановки, привлекает все большее внимание исследователей в связи с разработкой решений теоретических и прикладных проблем изучения и использования природных ресурсов, для оценки возможных последствий глобальных изменений окружающей среды и климата. Исследователями коллектива кафедры биологии почв факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова под руководством Д. Г. Звягинцева, а также Д. А. Гиличинским с соавторами было показано, что микробный комплекс надежно законсервирован и сохраняет исходные особенности в вечномерзлых разновозрастных отложениях.

Целью работы является сравнительная характеристика таксономической и функциональной структуры хитинолитического и пектинолитического микробного сообщества погребенных и непогребенной каштановых почв.

Объектами исследования являлись образцы подкуранных погребенных каштановых почв (Волгоградская область) и образцы современной каштановой почвы (Волгоградская область).

В качестве показателей микробного разложения хитина или пектина в почвах использовали следующие параметры: интенсивность эмиссии диоксида углерода, динамика численности и биомассы бактерий, длины мицелия актиномицетов и грибов, а также оценка разнообразия и численности метаболически активных клеток прокариот. Методы исследования: газохроматографический, люминесцентномикроскопический, FISH.

Общая биомасса микроорганизмов, а также значения эмиссии диоксида углерода из образцов погребенных почв с полисахаридом были выше по сравнению с контролем. Интенсивность отклика микробного гидролитического сообщества на внесение полисахаридов возрастает с увеличением глубины залегания почвы: от современных к погребенным – от меньшего возраста погребения к большему. Анализируя данные, полученные методом FISH, следует отметить, что доля метаболически активных микроорганизмов возрастает в ряду контроль-хитин-пектин. Доля метаболически активных организмов в образце более древнего времени погребения выше, чем в образце более позднего. В современных каштановых почвах доля ме-

таболически активных микроорганизмов как в контрольных, так и в образцах с полисахаридом обычно не превышает 30–40% от общей биомассы и не возрастает существенно при внесении субстрата. Полученные данные по погребенным почвам свидетельствуют об увеличении количества метаболически активных микроорганизмов в 1,3–1,7 раз при внесении субстрата, что подтверждает гипотезу о большей потенциальной гидролитической активности погребенных почв по сравнению с непогребенными.

На основании проделанной работы можно сделать следующее заключение. Установлено, что потенциальная активность микробного гидролитического сообщества погребенных каштановых почв выше по сравнению с современными каштановыми почвами. Очевидно, что в хитинолитическом комплексе основными деструкторами являются мицелиальные прокариоты, в пектинолитическом – одноклеточные прокариоты и грибы. В ряду исследуемых почв микробный отклик на внесение субстрата увеличивается с глубиной залегания: в гидролитическом комплексе возрастает роль актиномицетного компонента и снижается роль грибов. Впервые методом FISH установлено, что доля метаболически активных клеток прокариот относительно всего выявляемого прокариотного сообщества при внесении полисахарида возрастает с глубиной залегания почвы.

УДК 631.427.22

ЭКОБИОТЕХНОЛОГИЯ ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ ГЕННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ СЕТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Воробьев Н.И.¹, Свиридова О.В.¹, Попов А.А.¹, Русакова И.В.², Петров В.Б.¹

¹ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии,
Санкт-Петербург-Пушкин, vorobyov@arriam.spb.ru;

²ГНУ ВНИИ конструкторский и проектно-технологический институт
органических удобрений и торфа Россельхозакадемии, Владимир

Растительные остатки являются одним из основных сырьевых ресурсов для микробной трансформации веществ в почве. От скорости процессов трансформации и разнообразия продуктов, формируемых в результате трансформации, в первую очередь зависит потенциальное плодородие почв и урожай выращиваемых сельскохозяйственных культур. Наиболее важной целью подобных преобразований является конверсия растительных остатков в гумусовые и минеральные формы веществ. Чтобы достичь наилучших результатов при такой конверсии, необходимо сформировать

ровать заданный спектр ферментативных реакций в почве и запустить их в определенной последовательности, а это возможно только, если удастся подобрать нужные физиологические группы микроорганизмов и организовать их в генно-метаболическую сеть (ГМС). Таким образом, для перенаправления разнообразных синтетических и деструктивных почвенных процессов в нужное русло необходимо создать биотехнологию, использующую природные механизмы организации специфических ГМС.

Для решения задачи организации гумифицирующей ГМС в почве нами предлагается биопрепарат, основой которого являются микроорганизмы, собранные в ГМС, трансформирующие растительные остатки зерновых культур (солома и стерня) в гумусовые формы веществ. Для инициализации и поддержание в активном состоянии гумифицирующей ГМС (получение биопрепарата) разработаны специальные лабораторные условия, которые задаются температурным режимом и химическим составом питательной среды. Рекомендуется применять биопрепарат непосредственно в полевых условиях путем обработки соломы и стерни и последующим запахиванием их в почву. Сроки использования предлагаемой биотехнологии – это осенне-весенний период года.

В плане совершенствования данной биотехнологии продолжаются научные исследования по выделению микроорганизмов-биоинициаторов образования специфических ГМС. Для выделения биоинициаторов гумифицирующей ГМС был проведен опыт с гумификацией соломы ячменя в почве за осенне-весенний период года. Для изучения микробиологического состава образуемых ГМС, схемы метаболических связей микроорганизмов в ГМС и спектра продуктов микробиологической трансформации веществ разработан оригинальный математический метод – граф-анализ экспериментальных данных по численностям микроорганизмов, содержанию азота и гумуса в почве, массе и всхожести растений по вариантам опыта. В основу граф-анализа положены процедуры дисперсионного, корреляционного, кластерного, факторного и фрактального статистических анализов (элементы интеллектуальной обработки экспериментальных данных). С помощью предложенного метода было показано, что при гумификации соломы ячменя в почве образуется ГМС, состоящая из двух подсетей (целлюлозолитической и микромицетной). В вершинах выделенных подсетей были обнаружены бактерии и микромицеты, которые инициировали соответствующие подсети ГМС. В результате были выделены 2 новых штамма микроорганизмов-биоинициаторов гумифицирующей ГМС: штамм *Pseudomonas fluorescens* 7 (RCAM00537) как биоинициатор бактериальной метаболической подсети и штамм *Penicillium*

chryso-genium Thom. ОН 4 (RCAM 00741) как биоинициатор микромицетной метаболической подсети (штаммы хранятся в коллекции ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии).

Опытные партии биопрепарата применялись на опытных полях Владимирского ГНУ ВНИИПТИОУ Россельхозакадемии. Использование предлагаемой экотехнологии обеспечивало нормальный рост и развитие растений и повышало урожай зерновых культур (ячменя – на 7–10%, озимой ржи – на 8–15%, а зеленая масса овса превышала контроль на 35%). В целом наблюдался положительный эффект последействия на почвенно-микробиологические процессы: увеличивалось содержание гумуса в дерново-подзолистой почве (с 1,8% Сорг. – в опыте с выпаханной почвой, до 3,0%); возрастало биоразнообразие микроорганизмов в почве; снижался уровень заболеваемости растений, вызванных фитопатогенными микромицетами.

УДК 631.10

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ МУРАВЕЙНИКОВ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Голиченков М.В.¹, Путьгина Т.С.², Котова А.А.³, Кирюшин А.В.¹,
Закалюкина Ю.В.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, affen@mail.ru

²МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, (3) ИБРАЭ РАН

За организмами, активно изменяющими свойства окружающей среды, закрепилось наименование «экосистемных инженеров». К таким организмам можно отнести муравьев – наиболее распространённых социальных насекомых отряда перепончатокрылых. Многие из них являются типично почвенными животными, а их популяции могут достигать высокой плотности. Гнезда муравьев этих видов представляют собой земляные кочки лишь незначительно выступающие над поверхностью почвы, при этом жизнедеятельность колонии затрагивает нижележащий почвенный профиль на значительную глубину. В задачи нашего исследования входило: 1. Дать краткую характеристику мирмекокомплекса участка залежи; 2. в течение вегетационного периода исследовать температурный режим муравейников в сравнении с контрольной почвой при помощи логгеров производства «Даллас индастриз»; 3. определить средние значения сопротивления расклиниванию в муравейниках и контрольной почве при помощи ручного пенетрометра EIJKELKAMP; 3. определить содержание общего углерода и азота

в образцах муравейников и контрольной почвы на элементном анализаторе Vario EL-3. Мирмекокомплекс залежи оценивали на трансекте 150 м. На ней было выявлено 40 муравейников, заселенных 6-ю видами муравьев. Суммарный объем надземных частей муравейников, расположенных на трансекте, составлял около 160 см³. Большинство обнаруженных гнезд были заняты муравьями родов *Lasius niger* и *L. flavus*. Исследование температурного режима показало, что в 2009 году температура в гнездах *L. niger* всегда выше, чем в контроле и превышала ее, максимум, на 2,5 градуса. Аномально жарким летом 2010 года температура всех исследованных муравейников была на несколько градусов ниже, чем в контроле. Наибольшее снижение температуры по сравнению с контрольной почвой отмечено в муравейнике *L. flavus*, в котором оно достигало 6 градусов, а наименьшее различие в температурном режиме – в муравейнике *L. niger*, где максимальная разница не превышала 4 градуса. Результаты измерений сопротивления пенетрации свидетельствуют об увеличении твердости контрольной почвы по профилю от 3 до 5 раз. Твердость муравейников, при этом, практически не меняется с глубиной. Таким образом, в среднем, твердость контрольной почвы выше в 4 раза по сравнению с муравьями *L. niger* и, более чем в 6 раз по сравнению с *L. flavus*. Так, например, средние значения сопротивлению пенетрации составили 0,75 мПа для муравейников *L. flavus* и 5 мПа для контрольной почвы. Отметим, что, начиная с глубины 25 см, контрольная почва возле муравейника *L. flavus* оказывается переуплотненной, в то время как в пределах муравейника не наблюдается переуплотнения почвы. В образцах муравейников и контрольной почвы в течение 2-х лет определяли содержание общего углерода и азота. Практически во всех образцах наблюдается уменьшение содержания азота и углерода с глубиной. Отдельно отметим: в контрольной почве в течение всего периода наблюдений отмечалось уменьшение содержания азота и углерода. В муравейниках всех исследованных видов муравьев отчетливо прослеживается перераспределение этих элементов по профилю. В случае увеличения их содержания в какой-либо части почвенного профиля муравейника, наблюдается уменьшения их содержания в другой его части. Нам кажется, что этот факт наглядно иллюстрирует аккумуляционную и накопительную функцию муравьев в биогеоценозах. Мы считаем, что подобное влияние на химические и физические показатели почв может служить основой для развития специфических микробоценозов, характерных для муравейников.

ФАКТОРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ ГРИБОВ В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКАХ

Головченко А.В.¹, Кураков А.В.², Семенова Т.А.³

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, golovchenko.alla@gmail.com;

²Международный учебно-научный биотехнологический центр МГУ
им. М.В. Ломоносова, Москва, kurakov57@mail.ru;

³Институт проблем эволюции и экологии РАН, Москва, tashino@mail.ru

В низинных торфяниках в микробной биомассе доминирует бактериальная составляющая. Для развития грибов в этих биотопах складываются неблагоприятные условия, о чем свидетельствуют: низкая численность; неглубокое проникновение мицелия в торфяную толщу; доминирование спор в морфологической структуре.

В отличие от низинных торфяников, верховые торфяники, характеризуются высокими запасами грибной биомассы. Грибы находятся в жизнеспособном состоянии по всему профилю верхового торфяника. Тогда почему при наличии жизнеспособного грибного пула, остатки мхов и растений разрушаются не полностью и аккумулируются в сфагновых болотах?

Одну из причин можно выявить, если проанализировать таксономический состав и функции грибов в этих местообитаниях. У многих видов микроскопических грибов, изолированных с живого сфагнума и сфагнового торфа, обнаружена способность к разложению органических соединений, таниновых кислот, целлюлозы, пектина. В то же время, в верховых торфяниках редко встречаются грибы, способные разрушать сложные структурные полимеры, составляющие до 50% компонентов торфа.

Другие причины медленной деструкции верхового торфа были вскрыты при анализе экологических факторов: недостаток кислорода, низкие температуры, кислая реакция среды, недостаток питательных элементов, состав полисахаридов сфагнума, токсичность фенольных соединений.

Кислая реакция среды, низкие температуры и недостаток питательных элементов в ряде случаев не являются ведущими факторами, ответственными за активность грибов и деструкцию верхового торфа.

В верхних слоях в качестве основного фактора следует назвать особый состав полисахаридов (сфагнанов) клеточных стенок сфагнума, который обеспечивает ему химическую устойчивость. Теоретически и экспериментально доказано, что активность почвенных микроорганизмов-деструкторов лимитируется в первую очередь доступностью источников углерода. Сфагнаны – труднодоступные для грибов

соединения, и они с трудом используют их в качестве источника углерода. В результате живой сфагнум разрушается очень медленно – потеря массы составляет 10–20% в год. Сфагнум может стать более доступным для деструкции микроорганизмами гидролитического блока после механического разрушения, приводящего к ослаблению в сфагнанах прочных гликозидных связей. Однако, низкие численность и разнообразие почвенных животных, которые способны были бы измельчать растительные ткани в этих биотопах, обеспечивают сфагнуму механическую устойчивость.

В нижних слоях торфяника в качестве ключевого выступает не один фактор, а совокупность факторов. Во-первых, это существенное ограничение по кислороду, во-вторых, это повышенное содержание сфагнана и сфагнолов, фенолсодержащих соединений и антиокислителей. Каждый из вышеуказанных факторов оказывает ингибирующее действие на функционирование грибов в верховых торфяниках, а в совокупности их эффект усиливается, что вызывает подавление процессов деструкции органического вещества. Действие этих факторов выражается в суммарном эффекте – низкой скорости разложения сфагнума, которая составляет от 0,1 до 0,001% в год.

УДК 631.465

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БОЛОТА ТАГАН

Голубина О.А., Порохина Е.В.

Томский государственный педагогический университет, Томск, agroecol@mail.ru

В настоящее время исследованию динамики ферментативной активности в торфяных почвах уделяется недостаточно внимания.

Цель работы – изучение динамики ферментативной активности в эвтрофных торфяных почвах болота Таган. Объектом исследований послужили эвтрофные торфяные почвы болота Таган (южно-таежная подзона западной Сибири, Томская область, Томский район). Для наблюдений выбраны два пункта с естественными торфяными почвами мощностью до 3 м, подстилаемыми заиленными песками. В основании торфяного профиля пункта 1 располагается слой древесно-травяного торфа, выше залегают травяной торф. Почвы пункта 1 слабокислые, хорошо разложившиеся ($R = 25\text{--}45\%$), зольность варьирует от 6,63 до 17,24%. Торфяной профиль пункта 3 сложен снизу древесным, травяным, древесно-травя-

ным и вахтовым торфами. Почвы пункта 3 отличаются более высокими показателями степени разложения (35–50%), зольности (9,4–30,25%) и нейтральной реакцией среды.

В течение умеренно-влажного и теплого вегетационного периода 2009 года (гидротермический коэффициент равен 1,22) на пунктах ежемесячно проводился отбор почвенных проб в соответствии с ботаническим составом. В отобранных образцах определяли активность инвертазы (метод Т.А. Щербаковой), каталазы (газометрический метод Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской), полифенолоксидазы (далее ПФО) и пероксидазы (далее ПДО) – по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской. Исследования сопровождалось наблюдениями за гидротермическим и окислительно-восстановительным режимами в почвах, которые показывают, что мощность деятельного горизонта с переменным увлажнением и высокими значениями ОВП в почвах пунктов 1 и 3 соответственно равна 20 и 40 см. Нижняя часть профиля почв характеризуется постоянным переувлажнением и восстановительными условиями.

В течение вегетационного периода в торфяных почвах болота Таган активность инвертазы варьирует от 6,79 до 283,52 мг глюкозы/г почвы за 4 часа. Динамика активности инвертазы в почвах имеет вид одновершинной кривой с максимумом в теплом и влажном июле. Гидролиз углеводов активнее протекает в верхнем слое (0–75 см) почв пункта 1.

Каталазная активность в почвах пунктов 1 и 3 изменяется в пределах 0,63–7,48 и 1,68–15,33 мл O₂/2 мин на 1 г почвы соответственно. Максимальные ее показатели наблюдаются в летние месяцы в аэробном слое, контрастном по гидротермическим параметрам и характеризующемся окислительными условиями.

В почвах обоих пунктов активность ПФО изменяется от 0,02 до 5,85 мг 1,4-п-бензохинона/30 мин и в 1,5–2 раза выше в профиле пункта 1. Динамика активности ПФО в почвах обоих пунктов имеет бимодальное распределение с максимумами в июне и августе.

В почвах пунктов 1 и 3 активность ПДО изменяется в пределах 38,97–83,35 и 13,09–124,06 мг 1,4-п-бензохинона/30 мин соответственно. Повышенная активность ПДО отмечается в анаэробных нижних слоях пунктов наблюдений, а динамика аналогична динамике ПФО.

Таким образом, сезонная динамика ферментов в торфяных почвах определяется погодными условиями, гидротермическими и окислительно-восстановительными условиями в торфяном профиле. Наибольшая активность ферментов в торфяных почвах болота Таган в погодных условиях 2009 года отмечается в летний период. В почвах пункта 1 активнее протекают процес-

сы гидролиза углеводов и процессы гумификации при участии ПФО. В почвах пункта 3 интенсивно происходят процессы окисления органического вещества, что подтверждается высокими показателями каталазы и ПДО.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки от 01.01.08.

УДК 631.46-576.

СПЕЦИФИКА РАЗВИТИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ В ТИПИЧНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ (ПРИ ВНЕСЕНИИ ХИТИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ)

Горбачева М.А., Полянская Л.М.

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва
lpolyanskaya@mail.ru*

Почва является гетерогенной средой, поэтому она исследуется, как набор различных макро-, мезо- и микросред в каждой, из которых, создаются различные условия для развития отдельных групп микроорганизмов. Макро-, мезо- и микрзоны различаются по величине окислительно-восстановительного потенциала и наличию в них кислорода. Анаэробные условия могут очень длительно сохраняться в почве. До настоящего времени изучение аэробных микроорганизмов происходило с помощью метода посева. В то же время отмечалось, что изучать микроорганизмы и вызываемые ими процессы необходимо непосредственно в почве. В настоящее время такие исследования проводятся на микрокосмах: почвенные образцы, 50–500 г, поставленных в строго контролируемые условия температуры, влажности, аэрации, питания и т. д. Было отмечено, что при моделировании анаэробных условий необходимых для изучения анаэробных популяций микроорганизмов, наблюдалось развитие мицелия микромицетов в почвенных образцах, отобранных из гумусированных горизонтов богатых почв. В литературе имеются немногочисленные данные о выделении грибов из торфа и почв при анаэробных условиях. Целью проведенного исследования явилось сравнение развития различных групп микроорганизмов в аэробных и анаэробных условиях в почве в ходе микробной сукцессии, вызываемой увлажнением и внесением хитина и целлюлозы, в микрокосмах прямыми микроскопическими методами.

Изучена микробная сукцессия в разных слоях и разных горизонтах типичного чернозема в аэробных и анаэробных условиях при внесении хитина и целлюлозы. Подтверждены данные, что в условиях модельного анаэробноза происходит развитие мицелия микромицетов в верхних слоях гумусового

горизонта. Внесение хитина и целлюлозы оказало положительное влияние, как на увеличение максимальной длины грибного мицелия, так и на уровень ее стабилизации. Хитин в аэробных условиях оказал положительное воздействие на актиномицетный мицелий, в анаэробных условиях наиболее реагировали грибы и бактерии. Внесение целлюлозы в отличие от хитина не оказало существенного влияния на прокариотный комплекс почвенных микроорганизмов чернозема. Отклик на внесение целлюлозы в аэробных условиях был низким, как у бактерий, так и у актиномицетов. Показано, что во всех слоях и горизонтах чернозема в анаэробных условиях актиномицеты не развиваются. Для обработки большого массива данных по численности различных групп микроорганизмов в различных вариантах опыта в ходе годовой сукцессии был применён четырехфакторный дисперсионный анализ. В качестве факторов рассматривали вариант опыта (аэробные и анаэробные условия); этап сукцессии (0, 3, 7, 15, 32-е сутки), слой чернозема (А1, А2, А3 и В) и субстрат (хитин и целлюлоза). Проведенный анализ подтвердил, что длина грибного мицелия, численность спор грибов и бактерий в большей степени зависели от слоя чернозема и варианта опыта. Длина мицелия актиномицетов в большей степени зависела от варианта опыта, что было подтверждено в ходе эксперимента, т.к. актиномицеты не развивались в анаэробных условиях во всех слоях и горизонтах, как при внесении хитина, так и при внесении целлюлозы. Этап сукцессии и субстрат не были определяющими факторами ни для одной из групп микроорганизмов. Все полученные данные репрезентативны. Таким образом, показано, что наиболее значимыми факторами для всех групп микроорганизмов являются слой чернозема и вариант опыта (аэробные и анаэробные условия). Данные по статистике совпали с данными полученными в ходе эксперимента.

УДК 631.46

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В ЦЕЛЯХ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, dadenko@mail.ru

Поиск наиболее информативных показателей состояния почв проблема возникшая довольно давно. Особенно актуальна проблема диагностики и мониторинга почв стала в последние годы, в условиях жесткого антропогенного пресса.

Проведена сравнительная оценка показателей ферментативной активности с учетом их чувствительности (степень снижения значений, выраженное в% по отношению к контролю, в%), точности (коэффициент вариации, ошибка определения), сложности анализа (количество операций, реактивы, посуда и оборудование, возможное количество анализов в сутки, необходимая квалификация исследователя и др.). Показатели оценивались по десятибалльной системе. Чем выше балл, тем больше метод пригоден для диагностики и мониторинга почв. Анализ проведен на основании многолетних данных полученных авторами.

Изучена применимость активности ферментов при оценке влияния длительного сельскохозяйственного использования, переувлажнения, загрязнения тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, воздействия СВЧ и ионизирующего излучений на экологическое состояние почв Юга России (разные подтипы черноземов, каштановые, бурые лесные, серые лесные, рендзины, коричневые, горно-луговые, песчаные и засоленные почвы).

Оценивали активность каталазы и инвертазы, как наиболее изученных и чаще всего применяемых в экологических исследованиях представителей своих классов. Кроме того, определяли активность дегидрогеназы – окислительно-восстановительного фермента, действующего в анаэробных условиях.

Активность каталазы отличается высокой чувствительностью, хорошей воспроизводимостью результатов, незначительным варьированием (значения коэффициента вариации не превышает 10), простотой, малой трудоемкостью и т. д. Активность каталазы показала очень хорошие результаты в качестве диагностического показателя состояния почв (8,6 балла). Данный фермент чувствителен, и на воздействие большинства изучаемых факторов, кроме сельскохозяйственного использования и загрязнения пестицидами, он реагировал в сторону снижения активности.

Активность инвертазы в среднем набрала лишь 5,4 балла. Активность инвертазы оказалась малочувствительной к загрязнению почвы тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами и пестицидами. Большую чувствительность этот фермент показал при оценке последствий воздействия ионизирующих загрязнений и гидроморфизма. Несмотря на это и для этих воздействий общая оценка показателя достаточно низкая. Это связано со значительным варьированием (коэффициент вариации более 30), что делает необходимым соблюдать большую повторность. Кроме этого метод определения инвертазы достаточно трудоемок (10 разных операций) и требует большого количества лабораторной посуды и оборудования.

Активность дегидрогеназы отличается от инвертазной меньшим варьированием (коэффициент вариации 18–30). Этот показатель чувствителен и приемлем для диагностики последствий сельскохозяйственного использования, переувлажнения, загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, воздействия ионизирующих излучений. Несмотря на высокую чувствительность, средний балл для дегидрогеназной активности ниже, чем балл для активности каталазы (6,7), ввиду большего варьирования и трудоемкости определения. Метод определения активности дегидрогеназы достаточно сложен, требует затрат на реактивы и значительного количества посуды и оборудования.

Наиболее информативными при оценке последствий влияния сельскохозяйственного использования на биологическую активность почв являются активность дегидрогеназы и инвертазы. Для диагностики загрязнения нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, ионизирующих излучений и гидроморфизма более пригодны активность каталазы и дегидрогеназы. Показатели ферментативной активности наименее пригодны для изучения СВЧ излучений и пестицидного загрязнения.

Таким образом, показатели ферментативной активности целесообразно широко использовать в целях биологической диагностики и мониторинга почв. Изучаемые показатели в разной степени пригодны для диагностики деградационных процессов различного происхождения. Применение ферментативной активности почв в качестве диагностического показателя наиболее эффективно при диагностике сельскохозяйственного использования, загрязнения тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, гидроморфизма и воздействия ионизирующих излучений.

УДК 631.46:631.48:930.26

ОТРАЖЕНИЕ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСТОЯНИИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Демкин В.А.

ИФХиБПП РАН, Пуцунго, demkina@issp.serpukhov.su

Известно, что почвенные микроорганизмы являются неотъемлемой составной частью почвы. Практически все процессы, протекающие в ней, в той или иной степени связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов. Поэтому характеристика микробного сообщества относится к

числу важнейших диагностических показателей, отражающих условия почвообразования. Проведенные микробиологические исследования подкурганных палеопочв сухих и пустынных степей Нижнего Поволжья показали, что в них до настоящего времени сохраняются микробные сообщества, существовавшие во время сооружения археологических памятников. Это подтверждено выявленными закономерностями распределения численности микроорганизмов различных трофических групп в курганных насыпях, погребенных и современных почвах, данными определения возраста микробной фракции с использованием метода ^{14}C атомной масс-спектрометрии. Сохранению микроорганизмов прошлых исторических эпох способствовали их адаптационные механизмы выживания (анабиоз, переход бактерий в наноформы и др.) в неблагоприятных экологических условиях. С применением электронной микроскопии установлено, что в гор. А1 подкурганной каштановой почвы 77% клеток относятся к наноформам, а в современном аналоге – 63%. Цитологические исследования искусственно образованных наноклеток позволили предполагать, что их формирование представляет универсальную ответную реакцию организма на неблагоприятные условия и стресс-факторы. Следовательно, характеристики микробных сообществ разновозрастных палеопочв должны отражать экологические условия той или иной исторической эпохи. Нами установлены микробиологические параметры, дающие контрастную характеристику микробного сообщества в степных палеопочвах в аридные и гумидные климатические периоды. К их числу относятся: (1) активная биомасса микроорганизмов; (2) ее доля от Сорг почвы; (3) эколого-трофическая структура микробного сообщества, характеризующаяся соотношением микроорганизмов, растущих на почвенном агаре и использующих элементы питания из рассеянного состояния, на нитритном агаре и потребляющие гумус, на богатой органической среде и разлагающие растительные остатки; (4) соотношение численности микроорганизмов, использующих легкодоступное органическое вещество – растительные остатки и труднодоступное – гумус; (5) индекс олиготрофности, который характеризует способность микробного сообщества ассимилировать из рассеянного состояния зольные элементы питания. Количественные характеристики состояния микробных сообществ, такие как значительная биомасса активных микроорганизмов и их высокая доля от Сорг почвы, преобладание в эколого-трофической структуре микроорганизмов, использующих легкодоступные органические вещества, высокие значения отношения численности микробов, использующих растительные остатки и гумус,

низкие величины индекса олиготрофности дают основания говорить о возрастающем поступлении в почву растительной массы. Известно, что в засушливых областях, к каковым относится и исследованная территория Нижнего Поволжья, увеличение растительной массы прежде всего обусловлено повышением атмосферных осадков в тот или иной исторический период. Усиление же аридизации климата в масштабе исторического времени, напротив, приводит к снижению четырех первых показателей и увеличению пятого. Смена аридных и гумидных климатических периодов фиксировалась в структуре микробных сообществ палеопочв не только на эколого-трофическом, но и метаболическом и генетическом уровнях.

Исследования проводились при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

УДК 631.46

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Денисова Т.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, denisova777@inbox.ru

Экологическая значимость электромагнитных полей все больше возрастает в современном мире и становится предметом специального изучения. Почва является одним из важнейших незаменимых природных ресурсов, обеспечивает стабильность, как отдельных биогеоценозов, так и биосферы в целом. В связи с нарастающим электромагнитным воздействием на окружающую среду и учитывая огромную экологическую и хозяйственную роль почвы на планете, представляется актуальным исследование изменения состояния почвы и ее свойств под влиянием электромагнитных полей.

В модельных экспериментах проведено комплексное исследование влияния электромагнитных полей различной природы (ионизирующей: гамма-излучение и рентгеновское излучение и неионизирующей: сверхвысокочастотные излучения, низкочастотные излучения, постоянные магнитные поля) на биологические свойства почв юга России. Изучена динамика восстановления биологических свойств чернозема обыкновенного после воздействия гамма-излучения. Для оценки отклика почвы на электромагнитное воздействие был использован единый набор биологических показателей, а также проведена интегральная оценка с ис-

пользованием интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы. Исследовано влияние ЭМП на широкий диапазон различающихся по свойствам, генезису и сельскохозяйственному использованию почв: черноземы, каштановые, бурые лесные, серые лесные, горно-луговые, дерново-карбонатные почвы, серопески. Установлены наиболее информативные показатели биологической активности почвы для использования в целях биомониторинга и биодиагностики почв, подвергнутых электромагнитному воздействию. Составлены ряды устойчивости почв к СВЧ-излучению и низкочастотному магнитному полю. Предложены подходы к экологическому нормированию электромагнитного воздействия на почву.

Объектами исследований были зональные и интразональные почвы разных природных зон юга России: черноземы (обыкновенные, выщелоченные) настоящих степей, каштановые почвы сухих степей, серые и бурые лесные почвы среднегорных лесов, луговые субальпийские почвы высокогорий Кавказа, дерново-карбонатные почвы (рендзины) типичные и выщелоченные, серопески.

В результате исследований установлено, что электромагнитные поля оказывают неоднозначное воздействие на биологические свойства почв. В большинстве случаев численность почвенных микроорганизмов снижается, показатели ферментативной активности и роста и развития растений – не изменяются, либо снижаются незначительно. Степень изменения биологических свойств почвы зависит от природы электромагнитного загрязнения, его дозы (уровня), времени воздействия, типа почвы и др. Между дозой ионизирующего излучения и изменением биологических свойств почв зафиксирована линейная зависимость, а для неионизирующих излучений характерны нелинейные связи. Почвы разного генезиса и свойств, обладающие различным уровнем биологической активности, проявляют разную устойчивость к неионизирующим электромагнитным полям. По устойчивости к низкочастотному магнитному полю почвы юга России образуют следующую последовательность: бурая лесная почва > чернозем обыкновенный > рендзина типичная > серопески; по устойчивости к СВЧ-излучению: серопески > чернозем обыкновенный > каштановая почва > бурая лесная почва. Большая чувствительность и информативность к электромагнитным воздействиям характерна для микрофлоры, обычно грибов. Показатели ферментативной активности являются более устойчивыми и менее информативными.

Исследования поддержаны ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (проекты № 16.740.11.0528, 14.740.11.1029).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРО-БУРОЙ, СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВОЙ И ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ

Джафарова Ш.З.

*Институт Почвоведения и Агротехнологии НАНА, Баку, e-mail:
leyla.sadixova@gmail.com*

Исследованиями установлено, что генетические горизонты естественных и окультуренных ценозов изучаемых почв отличаются неравномерным распределением гумуса. В целинных вариантах этих почв количество гумуса изменяется между 0,31–0,36%; 0,58–1,71%. Почвы агроценозов зерновых, люцерны и сорго содержат несколько больше гумуса, т. е. 1,77%; 1,86% и 1,80%. Общее количество микроорганизмов целинных серо-бурых, лугово-сероземных и сероземно-луговых почв изменяется между 1104–5214–6930 тыс./г.почвы. На агроценозах зерновых, люцерны и сорго содержание микроорганизмов изменяется между 6823–8323,3 тыс./г почвы и 3402–4790 тыс./г почвы. Выявлено существенное изменение активности окислительных и гидролитических ферментов. Если активности ферментов инвертазы и уреазы в целинных почвах изменяются соответственно между 2,02–2,70 мл O_2 /г.почвы; 3,60–6,80 мг глюк/г.почвы и 2,55 мг NH_3 /г.почвы, то в почвах агроценозов зерновых, люцерны и сорго активность ферментов каталазы возрастает до 3,0–3,2–4,0 мл O_2 /г.почвы и инвертазы до 6,5–8,0–9,15 мг глюк/г.почвы. Анализ фитоструктуры естественных ценозов показал, что флористический состав этих почв состоит из двадцати видов растений: 6 видов злаковых, 1 вид бобовых и 13 видов разнотравия. Надземная фитомасса (сырая и сухая) изменяется от 701,9(281,6)–817,4(288,5) г/м² для целинных ценозов и 852,4(310,8)–902,2(251,8)–2246,6(1420) г/м² для агроценозов зерновых, люцерны и сорго. В результате превращения растительных остатков часть из них минерализуется, а другая часть гумифицируясь полимеризуется в высокомолекулярные гумусовые вещества. Проведённые эксперименты по разложению остатков фитомассы свидетельствуют о различной скорости распада растительного опада в почвах естественного и окультуренного ценозов. В тоже время эти различия прослеживаются также и между отдельными почвенными пробами, взятыми из верхних и нижних генетических горизонтов. Например, в серо-бурой целинной почве взятой из 10–74 см слоя количество разложившегося вещества

естественной растительности составило 0,5294 г (52,94%), а оставшая часть была в количестве 0,4706 г (47,06%). Однако скорость разложения была несколько в меньших количествах, и составило соответственно 0,4324 г (43,24%) разложившегося и 0,5676 г (56,76%) неразложившегося вещества. Скорость разложения остатков пшеницы было высокой, которая изменялась для верхних и нижних горизонтов соответственно между 0,3250 г (32,5%); 0,6750 г (67,5%) и 0,2617 г (26,17%); 0,7383 г (73,83%). В лугово-сероземной почве скорость разложения остатков фитомассы была несколько иной, что связано с преобладанием лугового почвообразовательного процесса. На целинном ценозе в 10–75 см и 75–110 см слоях количество разложившегося вещества составило соответственно 0,5566 г (55,66%); 0,4434 г (44,34%) и 0,2287 г (22,87%); 0,7713 г (77,13%). Разложение остатков люцерны в почвенных пробах, взятых из агроценоза с глубины 10–77 см и 77–100 см, была достаточно интенсивной и количественно составило 0,8390 г (83,9%); 0,1610 г (16,1%) и 0,8000 г (80,0%); 0,2000 г (20,0%). Как видно из этих данных развитие лугового процесса в сероземно-луговой и лугово-сероземной почвах по сравнению с серо-бурой значительно стимулировало биологическую активность.

УДК 631.46

ФУНКЦИИ БАКТЕРИЙ САПРОТРОФНОГО БЛОКА В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКАХ

Добровольская Т.Г., Кухаренко О.С., Павлова Н.С., Кураков А.В.

МГУ им.М.В.Ломоносова, Москва, dobtata@mail.ru

В результате многолетнего изучения бактериальных сообществ в торфяных почвах Европейской части России (Тверская область) и Западной Сибири (Томская область) нами было установлено, что общее бактериальное разнообразие и спектр бактерий-гидролитиков значительно ниже в верховых торфяниках. Было показано, что в этих олиготрофных почвах практически отсутствуют или выделяются в качестве минорных компонентов целлюлолитические прокариоты, характерные для низинных торфяников – это цитофаги, миксобактерии, целлюломонады. Лишь некоторые виды бацилл и кластридий, выделяемые из сфагновых торфов, способны к деструкции целлюлозы. Нами было установлено, что бактерии, идентифицированные нами как виды *Janthinobacterium agaricum*, *Janthinobacterium lividum*, *Bacillus cereus*

и *Bacillus firmus-lentus*, выделенные из олиготрофной торфяной почвы, обладали хитинолитической активностью. Эта функция бактерий представляется особенно значимой, учитывая доминирование грибов в микробной биомассе олиготрофных торфяников, клеточные стенки которых содержат хитин. Культуры бактерий, выделенные из торфяных почв, проявили антагонизм по отношению к микроскопическим грибам из этих же почв. Некоторые штаммы бацилл оказали антагонистическое действие по отношению к грибам, типичным для верховых болот (*Penicillium*, *Umbelopsis*, *Absidia*). Бактерии рода *Arthrobacter* оказались антагонистами энтомопатогенных грибов (*Isaria*, *Iecanicilium*). Зоны подавления роста составили до 7 мм. Таким образом, между бактериями и грибами, обитающими в торфяниках, могут складываться антагонистические взаимоотношения, что может влиять на их функционирование в разных микролокусах торфяников и, возможно, в целом в болотных экосистемах. Преобладающие в верховых торфяниках протеобактерии являются олиготрофами и копитрофами и не способны расщеплять труднодоступные полисахариды, однако могут проводить другие процессы. Так было установлено, что бактерии родов *Pseudomonas* и *Aquaspirillum* обладают липазной, лецитиназной и протеазной активностью, бактерии рода *Alcaligenes* – лецитиназной. Наличие фенолоксидазной активности было зафиксировано для бактерий родов *Aquaspirillum* и *Alcaligenes*. Проявление фенолоксидазной активности имеет особое значение, так как полимерные фенольные соединения, накапливающиеся в больших количествах в сфагновых болотах, являются ингибиторами энзимов. При окислении полифенолов теряется их токсичность. Проверка нитрогеназной активности основных представителей грамтрицательных бактерий, а также разных видов бацилл, выделенных из торфяных почв, показала их относительно высокую активность. При этом азотфиксация в этих культурах была выше при низкой температуре культивирования (4–6 °С), чем при 25 °С. Доминирующие в верховых торфяниках бактерии оказались устойчивыми к тем сфагнолам, которые содержатся в сфагновых экстрактах и ингибируют рост бактерий из других биотопов, в том числе патогенных бактерий. Таким образом, бактерии, обитающие в верховых торфяниках, адаптированы к тем неблагоприятным условиям, которые складываются в олиготрофных торфяниках, и способны осуществлять разнообразные функции.

**СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ И ДЕТОКСИКАЦИОННАЯ РОЛЬ
ПОЧВЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ****Домрачева Л.И.¹, Кондакова Л.В.², Фокина А.И.²**¹*Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров,
nm-flora@rambler.ru;*²*Вятский государственный гуманитарный университет, Киров,
ecolab2@gmail.com*

Представители различных видов гетероцистных и безгетероцистных цианобактерий являются постоянным компонентом фототрофных микробных сообществ в природных и сельскохозяйственных экосистемах, достигая пика своего развития в конце лета – начале осени как по флористическому обилию, так и по численности популяций.

Почвы урбанизированных и техногенных территорий, подверженные постоянному воздействию поллютантов различной химической природы, создают условия для развития специфических группировок цианобактерий. Химическое загрязнение территорий нарушает ход природных сезонных сукцессий, при которых происходит последовательная смена эукариотных и прокариотных фототрофов. Освоение экониш с повышенным содержанием тяжёлых металлов, мышьяка, фосфорорганических соединений и других токсикантов происходит, в основном, за счёт круглогодичного доминирования безгетероцистных цианобактерий, преимущественно, р. *Phormidium*.

Наземные цианобактериальные комплексы представляют собой многовидовые природные микробоценозы, образованные цианобактериями, водорослями, микромицетами и разнообразными эколого-физиологическими группами сапротрофных бактерий, которые взаимодействуют между собой, осуществляя разнообразные физиологические процессы. Подобное общественное поведение («чувство кворума») позволяет микроорганизмам на популяционном уровне регулировать поведение и отвечать на изменения в окружающей среде. Доказательством морфологической и функциональной целостности цианобактериальных биопленок служит обнаружение явления самосборки, при котором механическое разрушение биопленок сравнительно быстро приводит к восстановлению их нарушенной структуры.

Структурированность подобных комплексов и их механическая прочность определяется наличием слизиобразующих, мицелиальных и нитчатых форм, вследствие чего формируются плёнки, обладающие значительной степенью прочности на разрыв.

Изменения экотопа, связанные с действием поступающих извне минеральных и органических поллютантов, приводят к кардинальной перестройке структуры сообщества биоплёнок, что проявляется в снижении видового обилия, плотности популяций фототрофов, смене доминантов.

Цианобактериальные плёнки могут использоваться в качестве тестовых биосистем при определении уровня загрязнения почвы по степени ингибирования или доминирования отдельных членов сообщества. Кроме того, простым, экспрессным и точным методом биотестирования токсичности минеральных и органических поллютантов является определение жизнеспособности клеток чистых культур из рода *Nostoc* по их дегидрогеназной активности с помощью трифенилтетразолий хлорида.

Доказана возможность использования различных штаммов цианобактерий для оздоровления и детоксикации окружающей среды, обусловленная высокой антагонистической активностью по отношению к микроорганизмам-фитопатогенам и высоким уровнем сорбционной способности по отношению к тяжелым металлам (60–80%) и нефтепродуктам.

УДК 631.46

СООБЩЕСТВО ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ АКТИНОМИЦЕТОВ В ХОЛОДНЫХ ПОЧВАХ РОССИИ

Дуброва М.С., Зенова Г.М.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, dubrova223@mail.ru, zenova38@mail.ru

Сведений о психротолерантных и психрофильных мицелиальных бактериях (актиномицетах) в литературе немного. В последние годы появились сообщения о выделении психрофильных и психротрофных актиномицетов из лесных горных почв, шерсти животных, полярных льдов, арктических песчаных пород.

Объектами данного исследования служили образцы тундровых почв (торфяно-криозем типичный на территории Центрального Ямала; криозем грубогумусный глееватый в мохово-кустарничково-гравяной тундре в районе г. Воркута); почв северной тайги (глее-слабоползolistая в районе г. Надым; подзолы, гипсовые петроземы, серогумусовые турбированные почвы в Чугском заказнике, Архангельская обл.; пелоземы гумусовые глеевые в Пинежском заповеднике, Архангельская обл.; подзолы железистые на Соловецких о-вах, Архангельская обл.), образцы торфяной олиготрофной почвы, отобранные на территории Западнодвинского района Тверской области. Торфяные почвы тундры и тайги характеризуются

температурой верхних слоев торфа и очеса в летнее время не превышающей 8–10°C; в них создаются благоприятные условия для развития психротолерантных актиномицетов.

В исследуемых тундровых почвах и почвах северной тайги численность психротолерантных актиномицетов составляет тысячи и десятки тысяч колониеобразующих единиц на грамм почвы (КОЕ/г почвы) и сопоставима с количеством мезофильных форм.

Особое место среди исследуемых почв занимают актиномицетные комплексы пелоземов гумусовых глееватых на территории Пинежского заповедника Архангельской области. Эти почвы расположены в карстовом ландшафте, где за счет перепадов рельефа образуются крупные замкнутые понижения, в которых после зимы застаивается холодный воздух, и не тает снег под затененными склонами. В результате температура почвы на дне карстовой воронки на глубине 10 см не превышает 4°C даже в летний период. Низкие температуры этих почв способствуют развитию в них психротолерантных актиномицетов, численность которых достигает сотен тысяч КОЕ на г почвы. Значительное количество психротолерантных форм, часто превышающее количество мезофильных, выявлено в лесных подстилках подзолов Большого Соловецкого острова.

Наибольшее количество актиномицетов выделено из мохового яруса торфяных почв. Поэтому мы использовали сфагновый очес торфяной олиготрофной почвы для наблюдения за динамикой длины мицелия актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением субстрата при температурах 5 или 20°C. Если полагать, что инкубирование сфагнового очеса при 20°C создает более благоприятные условия для роста мезофильных, а инкубирование при 5°C – для психротрофных актиномицетов, то следует отметить, что прирост мицелия мезофильных актиномицетов в ходе микробной сукцессии оказывается более значительным (до 220 м/г очеса), чем психротрофных (до 140 м/г очеса).

Проведено исследование прокариотного микробного сообщества органогенных горизонтов олиготрофной торфяной и глее-слабоподзолистой почв, а также кедровой подстилки подзола методом FISH (fluorescent in situ hybridization) с помощью 16S рРНК специфичных олигонуклеотидных зондов, определяющих представителей филогенетической группы Actinobacteria. Установлено, что биомасса метаболически активных представителей этой группы составляет приблизительно третью часть от биомассы всех бактерий прокариотных сообществ органогенных горизонтов исследуемых почв. В рамках филогенетической группы Actinobacteria в сообществах исследуемых почв

метаболически активные мицелиальные актинобактерии составляют большую долю по сравнению с одноклеточными, что особенно заметно в подстилке кедрового леса.

Из торфяных почв выделена коллекция культур психротолерантных актиномицетов, обнаруживающих максимальную радиальную скорость роста колоний при 5°C.

УДК 631.46

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И НИТРИФИЦИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРЕДУРАЛЬЯ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Дьяков В.П.

ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, Пермь

Мероприятия по окультуриванию дерново-подзолистых почв (известкование, применение органических и минеральных удобрений, клеверосеяние и т.д) улучшают состав почвенной микрофлоры, усиливает ее жизнедеятельность. Нами изучено влияние приемов окультуривания на ее состав в полевом опыте менделеевского опытного поля в образцах из пахотного и подпахотного слоев почвы.

Определение численности микроорганизмов проведено с использованием методик, разработанных во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Данные количества подсчета микроорганизмов на жидких средах обработаны по таблице Мак Креди.

Групповой состав микрофлоры учитывали методом разведений на различные питательные среды. Определены следующие группы микроорганизмов: плесневые грибы на подкисленном сусло-агаре, количество бактерий на мясо-пептонном агаре, нитрифицирующие бактерии на пластинках из выщелоченного агара с аммонийно-магниевого солью фосфорной кислоты (среда Виноградского), аммонифицирующие бактерии на пептонной среде Гильята по газообразованию с последующим микроскопированием.

Длительное применение органических и минеральных удобрений сказалось на количестве микроорганизмов, отдельных их групп. Микросфера пахотного слоя слабоокультуренной почвы (дел.6, абсолютный контроль) представлена гнилостными бактериями-1165тыс/г почвы, плесневыми грибами-13,45 тыс/г почвы, денитрифицирующими и нитрифицирующими бактериями и *Cl. Pasterianum*-соответственно

0,25–5,70–9,50 тыс/г почвы, в значительных количествах присутствуют аммонифицирующие микроорганизмы–45000 тыс/г почвы. В подзолистом горизонте A_2 количество микроорганизмов сокращается в десятки раз. В слабоокультуренной почве с внесением органических и минеральных удобрений без известкования стимулировало развитие основных физиологических групп организмов как в пахотном слое, так и в горизонте A_2 в несколько раз – увеличилось количество на МПА-9950, нитрифицирующих бактерий–10,40, *Cl.Pasterianum* – 25,00 и сократилось количество денитрифицирующих бактерий до 0,075 тыс/г почвы.

Совместное внесение органических минеральных удобрений к известки (15,6 т/га $CaCO_3$) на среднеокультуренной почве (дел.9) способствовало лучшему развитию в пахотном слое аммонифицирующих бактерий–95000, денитрифицирующих бактерий–2.5, *Cl. Pasterianum*–30.60 тыс/г почвы, несколько сокращается количество плесневых грибов–56.5 и гнилостных бактерий 7300 тыс/г почвы. Следует отметить, что окультуривание почвы способствует созданию более благоприятных условий для развития микроорганизмов в подзолистом горизонте A_2 среднеокультуренной почвы (дел.9) в котором, по сравнению с неизвесткованным вариантом, стимулировалось развитие всех групп микроорганизмов в несколько раз. Высокая биогенность среднеокультуренной почвы приводит к быстрой минерализации гумуса, почему и не наблюдается его увеличение по сравнению с другими вариантами.

Определение нитрифицирующей способности изучаемых почв указывает на усиление процессов нитрификации в пахотном слое среднеокультуренных почв по сравнению с их целинными вариантами. Усиление нитрификации помимо прочих других факторов в значительной степени зависит и от реакции почвы – наименьший уровень нитрификации отмечается в кислых целинных почвах Менделеевского опытного поля (рНксл–3.9–4.0), где содержание нитратного азота составляет 8.5 мг/кг против среднеокультуренной (дел.9)–10.5 мг/кг почвы.

Запасы нитратного азота в пахотном и подпахотном слоях окультуренных почв выше по сравнению с их целинными аналогами. Оптимальные условия, сложившиеся на дел.9, способствовали накоплению нитратного азота в слое 0–30 см–29 кг/га.

Таким образом, окультуривание дерново-подзолистых почв усиливает процессы нитрификации, стимулирует развитие основных групп почвенных микроорганизмов.

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА МЕТОДОМ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОСФОЛИПИДОВ

Евдокимов И.В.

*Институт физико-химических и биологических проблем РАН, Пущино,
<ilyaevd@rambler.ru>*

В последние два десятилетия почвенные микробиологи широко используют важнейшие компоненты клеточных мембран – жирные кислоты фосфолипидов (ЖКФ) – для определения структуры микробного сообщества и специфической активности отдельных групп микроорганизмов в почве. Данные вещества используются в качестве уникального «маркера» для определения количества живой биомассы, так как: а) не входят в состав запасных веществ в микробных клетках; б) подвергаются быстрой биохимической деградации после отмирания соответствующих микроорганизмов. Различия в химической структуре ЖКФ (длина углеродной цепи, положение радикала или двойной связи, наличие и положение циклических структур) служат индикатором различий между таксономическими группами почвенных микроорганизмов.

Мононенасыщенные (monounsaturated fatty acids, MUFA) с одной двойной связью в углеродном скелете, наряду с циклопропил-замещенными ЖКФ, служат специфическими маркерами Грам-отрицательных бактерий. Маркерами Грам-положительных бактерий являются насыщенные ЖКФ (saturated fatty acids, SATFA). Кроме того, хотя актиномицеты относятся к Грам-положительным бактериям, у них есть свои специфические биомаркеры – ЖКФ с одним замещением водорода на метиловую группу, что позволяет вычленять биомассу актиномицетов из общего пула биомассы Грам-положительных бактерий. Кроме того, специфические биомаркеры есть у метанотрофных архей, сапротрофных и микоризных грибов, а также других эукариотных организмов и высших растений. Таким образом, определение ЖКФ в почве обеспечивает оценку структуры микробного сообщества, с расчетом «вклада» биомассы той или иной группы микроорганизмов в общий пул микробного углерода по величине концентрации тех или иных ЖКФ-биомаркеров.

Использование метода профилей ЖКФ дало возможность получить новую информацию об особенностях изменений в структуре и функциях микробного сообщества, а также в распределении потоков био-

фильных элементов внутри почвы. Так, согласно литературным данным, распределение ЖКФ по почвенному профилю показало, что с глубиной происходит резкое уменьшение доли Грам-отрицательных бактерий, грибов и простейших в биомассе сообщества, в то время как биомасса Грам-положительных бактерий была распределена более равномерно и меньше зависела от наличия источников легкодоступного углеродного субстрата. Сравнение почвы без корней и ризосферной почвы показало, что в ризосфере повышено содержание биомассы Грам-отрицательных бактерий и микромицетов. Кроме того, сдвиг в структуре микробного сообщества в сторону Грамм-отрицательных бактерий наблюдался и при засолении почвы. Наши собственные экспериментальные данные показали, что создание стрессовых условий при внесении в почву повышенных концентраций азота приводит к следующим сдвигам в структуре почвенного микробного сообщества: а) изменению соотношения между грибной и бактериальной биомассой в пользу грибов; б) уменьшению биомассы Грам-положительных бактерий при практически неизменной биомассе Грам –отрицательных, что, в свою очередь, смещает соотношение «Грам-положительные:Грам-отрицательные» в пользу последних. Кроме того, на основании содержания метки ^{13}C в индивидуальных ЖКФ нами было показано, что по степени вовлеченности в процессы разложения опада и корневых выделений группы микроорганизмов выстраиваются в следующую последовательность: микоризные грибы > Грам-отрицательные бактерии > Грам-положительные бактерии > актиномицеты > сапротрофные грибы > простейшие.

Метод ЖКФ характеризует структуру микробного сообщества только на уровне родов или больших физиологических групп микроорганизмов. Однако, комбинация этого метода с мечением стабильным изотопом ^{13}C позволяет идентифицировать часть микробного сообщества, ответственную за переработку ^{13}C -меченых углеродных субстратов, что незаменимо при определении пищевых цепочек в почве, а также интенсивности тех или иных составляющих почвенного цикла углерода. Большая производительность и дешевизна этого метода делает его во многих случаях предпочтительней, чем использование методов, основанных на полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Программы №4 Президиума РАН.

ОЦЕНКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЯРУСОВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ

Железова А.Д., Чернов Т.И.

МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва, alferrum@mail.ru, chern-off@mail.ru.

Известно, что вертикальная стратификация в природных экосистемах свойственна микробным сообществам также как и сообществам высших организмов. В лесных и степных экосистемах представляется возможным выделить три основных яруса: надземный (филлосфера), наземный (подстилка) и почвенный, микробное население которых существенно различается. Однако, различия в составе функциональных групп микроорганизмов этих ярусов (например, гидролитического комплекса), особенно в филлосфере, исследованы мало.

Целью нашей работы было сравнение состава, структуры и активности хитино- и пектинолитических микробных комплексов вертикальных ярусов лесных экосистем. Объектами исследования являлись образцы филлосферы различных растений, верхнего слоя подстилки и гумусового горизонта почвы из двух лесных сообществ – смешанного леса на дерново-подзолистой почве в Московской области и лиственного леса на глееслабоподзолистой почве в Тюменской области. В микрокосмах инициировалась сукцессия путем увлажнения и внесения полисахаридов (хитина или пектина), на 10 сутки в опытных и контрольных образцах определялась биомасса различных групп микроорганизмов и состав микробных сообществ.

Оценку биомассы проводили с помощью метода люминесцентной микроскопии. В обоих сообществах в образцах с внесением хитина по отношению к контролю наблюдалось значительное возрастание биомассы прокариот (бактерий и актиномицетов), в то время как при внесении пектина наибольший отклик, как правило, принадлежал грибной биомассе. В образцах филлосферы березы, ели и сныти обыкновенной с внесением хитина биомасса грибов была меньше, чем в контрольных образцах. Возможным объяснением этого может быть стимуляция внесением хитина прокариотного хитинолитического комплекса, подавляющего развитие грибов. Была выявлена специфика реакции микробной биомассы на внесение полисахаридов в каждом ярусе, обнаружены как сходства, так и различия между двумя лесными сообществами.

Филогенетический состав физиологически активного микробного прокариотного сообщества определялся молекулярно-биологическим

методом гибридизации клеток *in situ* (FISH). Использовался набор из 10 группо-специфичных зондов, спектр детекции которых охватывает представителей основных филогенетических ветвей домена *Bacteria*. Общая численность физиологически активных бактериальных клеток, попадающих в спектр детекции этих зондов, составляла от 30 до 70% от общей численности, определяемой люминесцентно-микроскопическим методом. Во всех образцах филлосферы значительную часть гидролитического прокариотного комплекса (до 50%) занимали представители группы протеобактерий (подклассы *Beta* и *Delta*). В нижних ярусах (подстилке и почве) доля протеобактерий уменьшалась. Для каждого яруса обоих лесных сообществ выявлены доминирующие группы, в филлосфере – группы *Verrucomicrobia* и *Bacteroidetes*, в подстилке и почве – *Firmicutes* и *Actinobacteria*.

УДК 631.41

РАЗВИТИЕ АКТИНОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННЫХ ЗАСУХ

Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М., Судницын И.И., Грачева Т.А., Лапыгина Е.Е.,
Напольская К.Р., Судницына А.Е.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, iisud@mail.ru

Споры ксеротолерантного стрептомицета (*Streptomyces odorifer* штамм 1) высевали в простерилизованную бурую полупустынную почву (Астраханская область, Володарский район), засоленную хлоридами и сульфатами. Образцы почвы (массой 1 г), просеянной через сито (диаметр отверстий 1 мм), размещали ровным слоем (толщиной 1 мм) в стерильных чашках Петри (диаметром 10 см). Затем в чашки вносили по 0,2 мл моноспоровой суспензии спор стрептомицета (ее концентрация была равна 10^9 кл/мл). После этого открытые чашки с почвой ставили в эксикаторы (в нижней части которых находились насыщенные растворы различных солей) и выдерживали их в условиях постоянной влажности воздуха и температуры (28°C) до достижения равновесия. Влажность и температуру воздуха в эксикаторах измеряли при помощи цифрового термовлагомера Viking AB (с точностью $\pm 1\%$). С помощью насыщенных растворов различных солей поддерживали три уровня относительной упругости водяного пара (то есть его активности): 0.98, 0.86 и 0.5, что соответствует давлению почвенной влаги (P) –28, –226 и –964 атм. По достижении очередного срока экс-

позиции из каждого эксикатора извлекали по одной чашке, и почву из каждой чашки переносили в колбу (объемом 100 мл) со стерильной водой и перемешивали для получения почвенной суспензии. Для десорбции клеток актиномицета с поверхности почвенных частиц суспензии в течение двух минут обрабатывали на ультразвуковой установке УЗДН-1 (частота тока 22 кГц, сила – 0,44 А). После этого из каждой колбы отбирали одну каплю (0,2 мл) суспензии, наносили ее на предметное стекло и равномерно распределяли на площади 4 см². Затем полученные препараты подсушивали до воздушно-сухого состояния, окрашивали акридином оранжевым и с помощью люминесцентного микроскопа Zeiss Axioscop 2 plus определяли среднее количество проросших спор и длину фрагментов мицелия в каждом из полей зрения микроскопа. На каждом стекле просматривали по 90 полей зрения, что обеспечило достаточно высокую достоверность полученных средних данных (относительная ошибка не превышала 10%). Даже при экстремально низком уровне Р (–964 атм) споры актиномицета проходили полные циклы развития, то есть они прорастали, формируя мицелий, из которого затем образовывались споры новой генерации. Продолжительность первых циклов варьировала от 13 суток при Р = –28 атм до 57 суток при Р = –964 атм и была прямо пропорциональной абсолютной величине Р. В течение первых циклов скорость прироста концентрации проросших спор варьировала от $0.23 \cdot 10^8$ спор/г почвы за сутки при Р = –28 атм до $0.03 \cdot 10^8$ – при Р = –964 атм, находясь в обратной линейной зависимости от логарифма абсолютной величины Р. Скорость прироста концентрации мицелия в течение первых циклов варьировала от 81 м/г почвы в сутки при Р = –28 атм до 9 м/г почвы в сутки при Р = –964 атм и также находилась в обратной линейной зависимости от логарифма абсолютной величины Р. Отношение концентрации мицелия к концентрации проросших спор варьировало от 3.5 до 1.7 мкм. Для первых циклов логарифм его величины находился в обратной линейной зависимости от логарифма абсолютной величины Р. Существование этих функциональных зависимостей свидетельствует о том, что Р определяет доступность влаги почвенной биоте и, следовательно, активность протекающих в ней физиологических процессов. В почвах аридной зоны, где резко выражен дефицит доступной влаги, чрезвычайно сильно развитая ксеротолерантность дает этому штамму актиномицетов значительные преимущества перед немиецелиальными бактериями, не обладающими такой ксеротолерантностью.

**ТЕМПЕРАТУРА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ
КОМПЛЕКСОВ ПОЧВЕННЫХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНЫХ
И ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ
АКТИНОБАКТЕРИЙ**

Зенова Г.М.¹, Грачева Т.А.², Курапова А.И.³, Дуброва М.С.⁴, Лубсанова Д.А.⁵

¹МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, zenova38@mail.ru;

²МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва;

³МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, <gnekky@gmail.com>;

⁴МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, <loasa@mail.ru>;

⁵МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва.

Исследование закономерностей действия температурного фактора на жизнедеятельность микробных популяций важно с теоретической и практической точек зрения. Теоретически представляют интерес механизмы температурных адаптаций. С практической точки зрения важно знать, как адаптации к температуре влияют на интенсивность микробного дыхания, в процессе которого выделяется двуокись углерода – один из парниковых газов, изменение концентрации которых приводит к общему изменению климата. Термотолерантные актиномицеты являются продуцентами термостойких биологически активных веществ. Психротолерантные представители филума *Actinobacteria* являются продуцентами холодоактивных ферментов и антибиотиков. Термотолерантные актиномицеты выделяли из периодически прогреваемых почв – пустынных почв Монголии, вулканических почв Камчатки, горно-луговой почвы Кавказа. Посевы инкубировали при 28°C (для выделения мезофильных форм) и 45°C (для выделения термотолерантных форм). В почвах обнаружены мезофильные и термотолерантные актиномицеты в сопоставимых количествах или с преобладанием термотолерантных форм, более разнообразных в таксономическом отношении по сравнению с мезофильными. Вулканические почвы характеризуются специфическими актиномицетными комплексами, в которых термотолерантные представители родов *Micromonospora* или *Microtetraspora* доминируют в комплексе. Молекулярно-биологическими методами анализа – флюоресцентным методом гибридизации *in situ* и методом денатурирующего градиентного гель-электрофореза - установлено присутствие в прокариотных микробных комплексах периодически прогреваемых почв метаболически активных представителей филума *Actinobacteria*. Биомасса мицелиальных метаболически активных актинобактерий превышает биомассу одноклеточных метаболически активных

актинобактерий. Экспериментально показана ксеротолерантность умеренного термофильного штамма *Streptomyces fumigatiscleroticus* 315 HE578745. При увеличении температуры культивирования (до 45°C) в липидах мембран этого штамма возрастает количество насыщенных длинноцепочечных жирных кислот. Термотолерантные стрептомицеты проявляют антибактериальные свойства, способность к разложению хитина и углеводов при высокой температуре (45°C). Психротолерантные актиномицеты (выделяющиеся из почвы при 5 и 20°C) исследовали в почвах тундры и тайги. Психротолерантные актиномицеты составляют в холодных почвах сотни тысяч КОЕ/г почвы, часто представляя доминирующую группу в актиномицетном комплексе. Биомасса психротолерантных метаболически активных мицелиальных актинобактерий, как правило, превышает биомассу одноклеточных. Исключение составляет криозем, образцы которого отобраны на архипелаге Земля Франца – Иосифа, где среди психротолерантных актинобактерий доминируют одноклеточные. Экспериментально показано, что психротолерантные стрептомицеты являются ксеротолерантными. Показано, что при понижении температуры культивирования (до 5°C) в липидах мембран умеренного психрофильного стрептомицета *S. beijiagensis* 541FR837628 увеличивается количество ненасыщенных жирных кислот. С использованием метода мультиреспирометрического тестирования показано, что экониши термотолерантных, психротолерантных и мезофильных актиномицетов различаются не только по фактору температуры, но и по фактору потребления субстратов.

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ ХИТИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ В ЧЕРНОЗЕМЕ В АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

Иванов К.Е., Полянская Л.М.

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва
ivanov.ke@gmail.com*

В системе почва – микроорганизмы происходят закономерные изменения микробного состава, а так же направленности и интенсивности микробиологических и геохимических процессов. Эти события описываются как сукцессия почвенного микробного сообщества. Гетерогенность, многофазность и полидисперсность почвы позволяет рассматривать ее

как совокупность взаимосвязанных микробных сред обитания с различными параметрами в отдельных микроскопических зонах. В частности, на микроуровне в почвах создаются условия, обуславливающие одновременное развитие как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов. Динамика микробной сукцессии находится в прямой зависимости от доступности органических веществ, поступающих в почву с отмершими растительными и животными остатками. Наблюдается избирательная потребность в специфических веществах для различных групп микроорганизмов, которые, в свою очередь, являются узкоспециализированными в разложении природных полимеров. Среди грамотрицательных почвенных бактерий выявлено множество родов, которым принадлежит активная роль в минерализации органических веществ в биосфере. Поэтому в модельных лабораторных исследованиях важно оценить корреляцию их численности с доступностью в почвенной среде полимеров, служащих для грамотрицательных бактерий источниками углерода и азота.

Исследована бактериальная сукцессия в разных горизонтах типичного чернозема, инициированная увлажнением с внесением хитина и целлюлозы в аэробных и анаэробных условиях. Для определения численности жизнеспособных грамотрицательных бактерий применен модифицированный авторами метод учета с использованием налидиксовой кислоты. Установлено, что динамика грамотрицательных бактерий в ходе сукцессии, инициированной увлажнением и внесением полимеров в черноземе в аэробных и анаэробных условиях, существенно различается, как в разных горизонтах, так и в пределах одного гумусового горизонта. Показано, что в почвенном микробном сообществе грамотрицательные бактерии могут увеличивать свою численность на ранних или поздних этапах сукцессии, в зависимости от вносимого субстрата. Отмечено, что при доступном уровне хитина в почве грамотрицательные бактерии являются *r*-стратегами, а при наличии целлюлозы, увеличение их численности регистрируется по прошествии двух недель сукцессии, как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Роль в разложении целлюлозы для грамотрицательных бактерий не столь очевидна, что косвенно подтверждает целлюлолитические функции почвенных микромицетов и грамположительных бактерий (актиномицетов). Проведенные исследования показали, что в почве грамотрицательные бактерии могут играть важную роль в разложении хитина. В случае с хитином грамотрицательные бактерии и актиномицеты доминируют на разных стадиях микробной сукцессии, а при внесении целлюлозы они развиваются одновременно на поздних стадиях сукцессии.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ СОВРЕМЕННЫХ И СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Иванова А.Е., Марфенина О.Е.

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы,
Москва, 119991, e-mail: a-ivanova@rambler.ru*

На урбанизированных территориях, длительного проживания людей, почвы приобретают ряд специфических свойств, которые, являясь средообразующими, определяют отличные от зональных пути формирования почвенной микобиоты. Мы проводили многолетние исследования (2002–2011 гг.) по оценке присутствия разных эколого-трофических групп микроскопических грибов, на территориях современного мегаполиса – Москвы и древних поселений VIII–XII вв н.э., расположенных в разных природных зонах (Смоленская, Московская, Ростовская области, Республики Тыва, Коми, Краснодарский край, Кызыл-Ординская область Казахстана). Выделение функциональных группировок культивируемых грибов из современных городских почв и культурных слоев осуществляли на селективные питательные среды и методами почвенных приманок. Ферментативную активность ряда почвенных образцов оценивали по целлюлазе, протеазе.

Изменение, по сравнению с зональными почвами, количества и состава органических субстратов, поступающих в городские почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на почвенную микобиоту как в современных городах, так и в древних поселениях. На территориях древних поселений к обычным строительным материалам (камень, глина, сырцовый кирпич) привносились растительные (дерево, тростниковые и/или соломенные выстилки) и обильно органические материалы (навоз, шерсть домашних животных, мех, ткани, пищевые отходы). Большинство этих органических загрязнителей (пищевые отходы, шерсть, перья, и др.) присутствуют в современных городских почвах. Как в древних, так и в современных городских почвах нами выявлено накопление грибов, разлагающих эти соединения и возрастание роли функциональных группировок, утилизирующих субстраты животного происхождения (пептон, кератин). Отмечено увеличение присутствия кератинолитических грибов и изменение их состава по сравнению с зональными почвами. Характер развития этих группировок можно использовать для микологической индикации хозяйст-

венной деятельности на территориях древних поселений в прошлом. Однако для современных урбоэкосистем характерно резкое расширение разнообразия средообразующих факторов и субстратов, возрастание доли неорганических загрязнителей, что изменяет среду обитания функциональных грибных группировок. Это увеличение площадей искусственных конструкций (бетонных, асфальтовых, металлопластиковых), разные типы загрязнения (тяжелыми металлами, промышленными и транспортными выбросами, цементом, антигололедными реагентами и др.). В современных городах изменяются структура и количество поступающих в почвы органических материалов. Это происходит за счет обеднения естественного растительного покрова, замещения монодоминантными насаждениями, внесения газонных почвосмесей на основе различных органических субстратов: торфа, компостов, осадков сточных вод и др. Эти факторы должны приводить к изменению трофических группировок почвенных грибов. Кроме того, в современных городах из-за регламентированных приемов хозяйствования, может изменяться и количество обычных органических субстратов поступающих в почвы. Например, это происходит при изъятии листового опада. И если в древних городских почвах нами выявлено сохранение и даже возрастание исходного для зональных почв разнообразия целлюлозолитических грибов, напротив, в почвах современного мегаполиса отмечается угнетение этой важнейшей эколого-трофической группы. Для молодых (< 10 лет) городских почв, где еще не произошло накопления дополнительных городских субстратов, установлено и сужение спектра сахаролитических грибов. Полученные данные о функциональном разнообразии почвенных грибов коррелируют с разнообразием ферментативной активности исследованных почвенных образцов.

Таким образом, в современных городах может происходить направленный отбор определенных трофических групп грибов в почвах, который обусловлен аккумуляцией антропогенных субстратов и хозяйственного использования территорий. Анализ изменения функционального статуса почвенной микобиоты современных и древних урбоэкосистем дает возможность предполагать глубину преобразования биоценологических функций городских почв в антропогенно изменяющейся биосфере.

БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЮГА РОССИИ

Казеев К.Ш.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, kazeev@sfedu.ru

Антропогенное воздействие, достигшее в настоящее время огромного распространения и часто вызывающее деградацию окружающей среды, может быть минимизировано при условии своевременного определения. В настоящее время разработан большой набор методов и показателей, позволяющий успешно выполнить эту работу. При этом методы биологической индикации обладают рядом преимуществ по сравнению с другими. Во-первых, это высокая чувствительность и отзывчивость на внешние воздействия, во-вторых, они позволяют проследить за негативными процессами на ранних стадиях процесса, в-третьих, только по ним можно судить о воздействиях, не подвергающих существенному изменению вещественный состав почв (радиоактивное и биоцидное загрязнение). Разными авторами был предложен большой набор биологических показателей, определяющих плодородие почв и коррелирующих с их продуктивностью.

В целях определения применимости биологических индикаторов при исследовании различных антропогенных воздействий (сельскохозяйственное использование, локальное переувлажнение, химическое и электромагнитное загрязнение и др.) на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета проведен сравнительный анализ разных показателей, характеризующих биологическое состояние почв. В течение многих лет исследовали растительность, фауну, микрофлору, биохимические свойства и другие показатели почв Юга России, а также комплексный интегральный метод оценки биологической активности, объединяющий ряд показателей. Комплексное изучение биологии почв проводили в трех аспектах: сравнительно-географическом, профилльно-генетическом и временном.

В результате исследований были получены данные, позволяющие оценить биологическое состояние почв юга России, как по отдельным биоиндикаторам, так и на основании применения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС). Выявлено, что среди почв, занимающих главенствующие площади на юге России, наибольшее расхождение имеют целинные (старозалежные) варианты.

Различия в между максимальным и минимальным значениями ИПБС поверхностных горизонтов целинных (залежных) почвах юга России превышают 10 раз. Наибольшей биологической активностью обладают верхние горизонты горно-луговых и лесных почв Западного Кавказа. Пахотные горизонты различных почв в разных природных зонах юга России по своим характеристикам сравнительно уравниваются, приобретая свойства, благоприятные для ведущих сельскохозяйственных культур. При сравнении пахотных почв амплитуда значений ИПБС не превышает 3-х раз. При этом максимальные значения принадлежат черноземам, которые по значениям ИПБС практически не различаются. Величины ИПБС сухостепных почв Юга России на 30–40% меньше. Пахотные варианты лесных почв предгорий и низких гор отличаются наполовину меньшей биологической активностью.

Используя профилно-генетический подход при учете всей мощности почвы до почвообразующей породы, картина в значительной мере изменяется. Значения ИПБС максимально в черноземах. Это связано со значительным превосходством мощности профиля черноземов по сравнению с другими почвами Юга России. Во многих случаях это различие составляет 3–4 раза. При этом максимальные различия значений ИПБС достигает 33 раз.

Различные биологические показатели проявили высокую эффективность при исследовании разных воздействий на почвы Юга России. Основные типы отличаются количественными и, особенно, качественными характеристиками микрофлоры. При этом биологические различия тем сильнее, чем больше отличаются факторы почвообразования и свойства почв. И хотя для разных почв Юга России определен состав доминирующих микроорганизмов и выявлена возможность их индикации по микробиологическим показателям, максимальную эффективность показали биохимические показатели (особенно – активность почвенных ферментов), характеризующиеся сочетанием высокой чувствительности к антропогенному воздействию с достаточно высокой точностью определения. Удобным механизмом выявления деградационных процессов проявил себя интегральный показатель биологических состояния почв.

ДРОЖЖЕВОЕ СООБЩЕСТВО СФАГНОВЫХ ДЕРНИН ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Качалкин А.В.

*Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Kachalkin_a@mail.ru*

Сообщество эпифитных микроорганизмов является постоянной и неотъемлемой частью растения, перестраивающейся в процессе его онтогенеза. Как было неоднократно показано, среди эпифитов, населяющих поверхность растений, значительную часть составляют дрожжевые грибы. Однако некоторые группы растений в отношении эпифитного дрожжевого населения изучены поверхностно. К ним относятся сфагновые мхи, физико-химические условия обитания в дернине которых для эпифитных микроорганизмов очень своеобразны и отличны от сосудистых растений.

Проведенная работа посвящена изучению закономерностей распространения и видового состава дрожжевых грибов на сфагновых мхах в сравнении с сообществами дрожжей на сосудистых растениях болотного, лесного и лугового фитоценозов. В работе было произведено изучение годовой динамики дрожжевых сообществ сфагновых мхов и болотных сосудистых растений, произрастающих на Куровском верховом болоте (Московская область) и проанализирован ряд образцов сфагновых мхов и сосудистых растений с болотного массива «Мухрино» (ХМАО) и из Центрального лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область).

К настоящему моменту сложились лишь наиболее общие представления об особенностях эпифитного дрожжевого комплекса сфагновых мхов (непохожесть на покрытосеменные и хвойные растения), присутствие психрофильных микроботриевых дрожжевых грибов и, при существовании небольшого количества работ, постоянное выделение новых видов. Исследования во всех имеющихся публикациях носят отрывочный характер (разовые посевы), неспособные в полной мере охарактеризовать и сравнить дрожжевое сообщество сфагновых мхов и сосудистых растений.

Было произведено детальное исследование динамики дрожжевых сообществ сфагновых мхов средней полосы России и Западной Сибири с использованием современных методов видовой идентификации (анализ нуклеотидных последовательностей региона ITS1-5.8S-ITS2 и D1/D2 доменов 26S (LSU) рДНК). Показано, что дрожжи являются обязательным компонентом эпифитных микроорганизмов сфагновых

мхов, их средняя численность в сфагновой дернине составляет около 10^4 КОЕ/г. Численность дрожжей в филлосфере сфагновых мхов существенно изменяется в течение года, при этом характер динамики принципиально отличает сфагновые мхи от сосудистых растений болотного и других фитоценозов: минимальные значения приходится на поздне-осенний и зимний период, максимальные – на весну. На летне-зелёных сосудистых растениях характер динамики численности эпифитных дрожжей противоположен – с максимумом в зимний и минимум в летний и весенний периоды. Доминирующие виды на сфагновых мхах и сосудистых растениях одинаковы: в среднем около 50% приходится всегда на два вида: *Rhodotorula mucilaginosa* и *Cryptococcus magnus*. Однако состав минорных видов принципиально различен. Отсутствие сопряженных сахаристых субстратов (нектароносные цветки, плоды) обуславливает низкую долю специфических групп аскомицетовых дрожжей (*Metschnikowia*, *Hanseniaspora*, *Saccharomyces*) на сфагновых мхах. В ходе данной работы было обнаружено новое местообитание для редких видов дрожжевых грибов, и впервые из средней полосы России были выделены дрожжевые грибы, распространение которых прежде отмечалось только для Альп и арктического региона (Качалкин, 2010). Со сфагновых мхов и болотных сосудистых растений было выделено 73 вида дрожжевых грибов, из которых 16 относятся к новым для науки или пока неописанным видам дрожжей. Таким образом, сфагновые мхи представляют важным объектом для изучения таксономии и природного разнообразия дрожжей.

УДК631.47

МОРФОЛОГИЯ И РАЗМЕРЫ МИКРОБНЫХ КЛЕТОК КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкин В.А.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуцзино, Kashirskaya81@rambler.ru*

В неблагоприятных условиях внешней среды микробные сообщества способны сохраняться неопределенно долго благодаря своим широким адаптационным возможностям. Выявление особенностей строения микробных клеток в условиях недостатка влаги проводилось на примере сухостепных каштановых почв Волго-Донского междуречья.

Были проведены электронно-микроскопические исследования гор.А1 каштановой почвы Приволжской возвышенности и светло-каштановой почвы Ергенинской возвышенности. В почвах встречались грамположительные и грамотрицательные, кокковидные и палочковидные формы клеток, а также клетки неправильной формы. Клетки были окружены электронноплотным органоминеральным слоем, который увеличивал их средний объем в 5 раз. По-видимому, образование этого слоя связано с адаптационной способностью клеток удерживать воду в засушливых условиях степной зоны. На основании полученных электронных фотографий клеток были определены объемы микроорганизмов. В гор.А1 каштановой почвы Приволжской возвышенности они варьировали от 0,0001 до 10 мкм³. Клетки объемом менее 1 мкм³ составляли 89% микробного сообщества, при этом около половины всего сообщества составляли клетки объемом 0,01–0,09 мкм³. Клетки объемом 1–10 мкм³, которые, по-видимому, представляют собой конидии и споры грибов, а также цисты простейших, составляли 11% микробного сообщества. Средний объем всех клеток в сообществе составил 0,37 мкм³. Применили также метод расчета объемов микробных клеток, используя значения их численности, оцененной методом люминесцентной микроскопии, и суммарной микробной биомассы – методом экстракции микробной фракции. Рассчитанные значения объемов микробных клеток в гор.А1 каштановых почв Приволжской возвышенности оказались близки значению, полученному методом прямого измерения. Для микробных клеток в гор.В1 и В2, а также для профилей каштановых почв Ергенинской возвышенности, использовался только расчетный метод оценки объемов. В почвах Приволжской возвышенности, расположенных на различных элементах рельефа, вниз по профилю средние объемы клеток уменьшались от 0,37–0,2 мкм³ до 0,23–0,09 мкм³. В более южных каштановых почвах Ергенинской возвышенности они не изменялись вниз по профилю почв и составляли 0,09–0,11 мкм³. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что адаптация клеток к условиям сухих степей проявляется в уменьшении их объемов и образовании органоминерального слоя, способствующего удерживанию влаги.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ АНАЛИЗА ДНК
ПОЧВЕННОГО МИКРОБИОМА В ОЦЕНКЕ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ**

**Кимеклис А.К.¹, Петрова С.Н.², Першина Е.В.³, Пинаев А.Г.³,
Андронов Е.Е.³**

¹*СПбГУ, Санкт-Петербург;*

²*ОГАУ Орел;*

³*ГНУ ВНИИСХМ, Санкт-Петербург, eeandr@gmail.com*

Почвенный микробиом является одним из наиболее чувствительных индикаторов состояния почвы, в структуре которого отражается весь комплекс биологических, физических и агрохимических свойств почвы. По причине того, что более 95% почвенной микробиоты является некультивируемой, выяснение связей особенностей микробиома с агроэкологическим состоянием почвы в полном объеме стало возможным только с применением молекулярных методов, не требующих культивирования микроорганизмов. В ГНУ ВНИИСХМ разработан комплексный подход, включающий количественный анализ почвенной микробиоты (бактерии археи, грибы) с использованием ПЦР с детекцией в реальном времени и детальную расшифровку таксономической структуры с использованием высокопроизводительного параллельного секвенирования. В настоящее время начата серия работ по детальному анализу почвенных образцов, представляющих как различные типы почв, так и влияние на почвенный микробиом различных факторов, например, особенностей агротехники или стрессовых воздействий, таких как засоление. Особый интерес представляют работы по изучению образцов почвы, отобранных в различных стационарных опытах – 100-летнем опыте в МСХА им. Тимирязева и заложенном Докучаевым опыте в Каменной степи.

К моменту написания данных тезисов закончены работы по анализу нескольких образцов засоленных почв, отобранных на солончаке в Чингирлау (Казахстан) по градиенту засоленности, и образцов, отобранных на экспериментальной станции в Миккеле (Финляндия), представляющих органическое земледелие, обычное земледелие (с использованием минеральных удобрений) и исходную лесную почву. Проведенные анализы свидетельствуют о том, что все изученные факторы находят ясное отражение в структуре почвенного микробиома.

Первые полученные результаты свидетельствуют о том, что детальный анализ почвенного микробиома может послужить хорошей основой

для создания принципиально новых, основанных на метагеномных подходах, методов характеристики почв сельскохозяйственного назначения, имеющих ясную практическую направленность. С точки зрения фундаментальной науки, изучение почвенного микробиома может сделать большой вклад в понимание не только эволюционных процессов, обеспечивающих адаптацию микробиомов к меняющимся условиям окружающей среды, но и в понимание эволюции на ранних стадиях развития жизни на Земле.

Работа поддержана Государственным контрактом № 16.512.11.2132 и Программой поддержки фундаментальных исследований по приоритетным направлениям СПбГУ

УДК 631.466

«ЦВЕТЕНИЕ» ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Кондакова Л.В.¹, Домрачева Л.И.², Зыкова Ю.Н.³

¹*Вятский государственный гуманитарный университет, Киров, ecolab2@gmail.com;*

²*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; ecolab@vshu.kirov.ru;*

³*Вятская государственная сельскохозяйственная академия, nm-flora@rambler.ru*

Массовое размножение водорослей и цианобактерий на поверхности почвы (её «цветение») – широко распространенное явление, наблюдаемое в целинных, сельскохозяйственных и антропогенно преобразованных почвах. Исследование этого феномена на урбанизированной территории (территория г. Кирова) показало, что для «цветения» городских почв и субстратов характерны следующие особенности. 1. Наиболее интенсивное «цветение», как правило, наблюдается в конце лета. Наземные биопленки при этом представляют многовидовые сообщества с доминированием различных видов водорослей и цианобактерий. 2. Видовая насыщенность фототрофных наземных сообществ различна в разных районах города. Максимальное видовое обилие фототрофов характерно для промышленной (29 видов) и парковой (20 видов) зон. Минимальная численность видов обнаружена в пленках «цветения» почв транспортной (8 видов) и селитебной (7 видов) зон. 3. Комплексы доминатов на нарушенных и ненарушенных почвах состоят из безгетероцистных цианобактерий родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*. На урбаноземах в промышленной зоне (районы ТЭЦ) лидирующие позиции занимают гетероцистные азотфиксирующие

цианобактерии *Nostoc muscorum*, *N. paludosum*, *Trichromus variabilis*, настолько обогащая субстрат связанным минеральным азотом, что это приводит к массовому развитию зелёных водорослей (8 видов), которые в других плёнках «цветения» обнаруживаются единично. 4. Плотность фототрофных популяций в пленках «цветения» колеблется в разных зонах города от 18 до 47 млн клеток/см². 5. Различные группы фототрофов принимают различное участие в формировании наземных разрастаний. Доля эукариотных водорослей сравнительно невелика и составляет от 2 до 12%. При абсолютном доминировании цианобактерий в поверхностных алго-цианобактериальных комплексах различается степень участия в сложении сообщества их безгетероцистных и гетероцистных форм. Безгетероцистные цианобактерии доминируют во всех зонах города, кроме промышленной, со степенью участия от 60 до 100% в структуре популяций цианобактерий. В то же время в промышленной зоне на урбаноземе доминирование азотфиксирующих цианобактерий в биопленках достигает 76%. 6. Кроме фототрофов, постоянным значимым компонентом в биопленках являются микромицеты, имеющие формы с бесцветным и окрашенным мицелием. Длина мицелия грибов в плёнках «цветения» и структура их популяций колеблется от 14 до 35 м/см². Преобладание меланизированных форм в структуре популяций микромицетов (68,3% в промышленной зоне и 76,4% – в транспортной) указывает на напряженную экологическую обстановку в данных районах города.

В целом, «цветение» почвы или субстратов на урбанизированных территориях можно рассматривать как положительное явление, так как наземное массовое размножение фототрофов приводит к быстрому обогащению урбаноземов мобильным, доступным для сапротрофов, органическим веществом; присутствие в биопленках нитчатых цианобактерий и мицелия грибов способствует укреплению субстрата, выполняя противоэрозийные функции.

ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ЭДАФАТОПАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Кориновская О.Н.¹, Гришко В.Н.¹, Фотина М.А.²

¹Криворожский ботанический сад НАН Украины, Кривой Рог, Украина,
vit.grishko@rambler.ru,

²Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск, Украина

Проблема загрязнения почв соединениями тяжелых металлов является актуальной, как для Украины, так и для России. В результате функционирования горно-обогатительных предприятий тяжелые металлы вместе с пылевыми частицами и техническими водами попадают в почву, загрязняя окружающую среду. Накапливаясь в значительных количествах в эдафотобах, ионы тяжелых металлов негативно влияют на микроорганизмы, в том числе и на микроскопические грибы. Поэтому целью работы было изучение видового многообразия микромицетов и дрожжей в эдафотобах горно-обогатительных предприятий в сравнении с черноземом обыкновенным.

Материалом для исследования были образцы почв промышленных площадок Северного горно-обогатительного комбината (СевГОК, г. Кривой Рог): рудообогатительная фабрика (РЗФ-1) и свеженамытый плес хвостохранилища комбината. Контролем служил чернозем обыкновенный (п.г.т. Петрово, Кировоградская обл.). Почвенные суспензии высевали на агаризованные среды Чапека, картофельно-глюкозный агар и сусло-агар. Идентификацию микромицетов и дрожжей проводили по определителям отечественных и зарубежных авторов.

Из почв исследованных мониторинговых участков выделено 25 видов микромицетов, которые относятся к 11 родам и принадлежат к классам *Zygomycetes* и *Deuteromycetes*. В почвах РЗФ-1 идентифицировано 5 видов почвенных микроскопических грибов: *Mucor globosus* Ficher, *Aspergillus flavus* Reper et Fennell, *Penicillium sp1*, *Penicillium sp7*, *Trixoderma koningii* Oudemans. Из эдафотобов промышленной площадки свеженамытого плеса хвостохранилища СевГОКа, выделено 4 вида микромицетов: *Aspergillus fumigatus* Reper and Thom, *Trixoderma longibrachiatum* Rifai, *Penicillium sp5* и *Penicillium sp8*.

Наибольшим видовым разнообразием характеризовался чернозем обыкновенный, из которого выделены *Mortierella jenkini* Naumov, *M. vanesae* Dixon-Stewart, *Mucor racemosus* Fres., Beitr, *Aspergillus ochraceus*

G. Wilh, *A. ustus* (Bainier) Thom et Church, *A. nidulans* (Eidam) Wint, *Botrytis cinerea* Persoon ex Fries, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Stachybotrus alternans* Bonorden, *Arthrotrichum longispora* Preuss, *Penicillium sp1*, *Penicillium sp2*, *Penicillium sp3*, *Penicillium sp7*, *Trichoderma viride* Pers, *Fusarium oxysporum* E.F. Sm. Et Swingle и *Vertecillium album* (Preus).

Показано наличие значительных изменений в структуре ценоза почвенных дрожжей и выделены металлоторерантные виды.

Анализ приведенных выше данных свидетельствует о существенных изменениях видового состава микромицетов в эдафатопах загрязненных соединениями тяжелых металлов в сравнении с природной почвой: во-первых – изменяется общее количество видов; во-вторых – в сильно загрязненных почвах видовое разнообразие комплекса почвенных микромицетов было значительно меньшим, чем в черноземе обыкновенном.

УДК 631.46

ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И СОДЕРЖАНИЕ ГЛОМАЛИНА В ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТАХ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Корноухова И.Н., Зеленихин П.В., Мельников Л.В.

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань,
Pavel.Zelenikhin@ksu.ru, Leonid.Melnikov@ksu.ru*

Состояние микробиоты из-за изменчивости биотических взаимодействий и характеристик среды обитания, находится под влиянием сезонных изменений (Krivtsov et al., 2004). Изучали биологические свойства серой лесной почвы, путем анализа численности микромицетов и бактерий, а также содержания одного из грибных биомаркеров – гломалина.

Исследовались два участка: (1) – под лесной широколиственной растительностью (фон) и (2) – пашня (после уборки картофеля). Образцы отбирались в середине сентября 2009 г., (данному периоду предшествовала 2-х месячная засуха). Сравнивались пробы, отобранные из слоев 2–10 и 10–15 см гумусово-аккумулятивного горизонта и пахотного горизонта (2–15) см. Анализ микробного сообщества производился путем почвенной суспензии на селективные твердые среды.

Установлено, что общая численность микроорганизмов в почвах исследованных участков оказалась достаточно низкой. В образцах фоновой почвы, отобранных из горизонта А1 в слое 2–10 см и 10–15 см содержа-

ние зачатков микромицетов составило $5,9 \cdot 10^4$ и $1,3 \cdot 10^5$ на 1 г почвы соответственно, в то время как в пахотной разновидности составило $2,1 \cdot 10^5$ грибных зачатков на 1 г почвы.

Среди микромицетов в образцах фоновой почвы и пахотного участка преобладали дрожжевые формы (частота встречаемости 91 и 94%, соответственно), так же встречались грибы рода *Penicillium* (частота встречаемости 9 и 5%, соответственно), *Aspergillus* (частота встречаемости 0,1 и 0,6%, соответственно), *Mucor* (частота встречаемости 0,1 и 1%, соответственно).

Общее количество КОЕ бактерий было наибольшим для пахотного горизонта и составило $4,1 \cdot 10^{10}$ КОЕ/грамм почвы. Общее количество КОЕ бактерий в горизонте А1 серой лесной почвы, отобранных из слоев 2–8 см и 10–18 см составило $1,2 \cdot 10^{10}$ и $8,5 \cdot 10^9$ КОЕ/грамм почвы соответственно.

На основании полученных данных по общей численности организмов можно заключить, что микробные сообщества исследованных почв характеризуется низким уровнем биологической активности. Предполагается, что такая реакция микробиоты связана с неблагоприятными условиями летнего засушливого периода. Сравнительно высокие показатели для образцов пахотной разновидности серой лесной почвы, возможно, связаны с изменением анаэробно – аэробного равновесия и активной минерализацией органических компонентов, вызванных нарушением сложения пахотного горизонта при уборке урожая.

Более закономерная тенденция, связанная с продукционными процессами, выявлена в отношении численности *Actinomycetes*. Наибольшее их количество было обнаружено в верхней части гор. А1 из слоя 2–10 см $4,0 \cdot 10^6$ зачатков на 1 г почвы и меньшее для пахотной разновидности – $3,3 \cdot 10^6$ зачатков на 1 г почвы.

Установлено, что содержание гломалина было наибольшим в образцах горизонта А1 серой лесной почвы в слое 2–10 см – 1 г/кг почвы, в слое 10–15 см – 0,9 г/кг и для пахотной разновидности 0,7 г/кг почвы.

Структурный состав образцов соответствовал оптимальному для зональных почв, среднее содержание гумуса в гор.А1 составляло 6%. Исследование параметров биологической активности лесных почв и их структурного состояния актуальны при оценке механизмов закрепления органического углерода в лесостепных почвах.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ проект № 11-04-00805-а

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Крапивина А.Ю.

ЮФУ, Ростов-на-Дону, krapivinaanechka@mail.ru

Актуальность данного исследования. В последнее время широко обсуждается потенциальная опасность электромагнитных полей и излучений неионизирующей природы антропогенного происхождения. Эти излучения присутствовали на Земле на протяжении всего времени существования планеты. Но за последние 50 лет XX в. произошел резкий рост уровня их напряженности. Количество источников электромагнитных излучений (ЭМИ) возрастает на 3–7% в год. Кроме того, ЭМИ используется не только в мирных целях, но и все большее значение приобретает и в военных целях. Широкое использование СВЧ-энергии в пищевой, медицинской, микробиологической промышленности. Все это создает дополнительную нагрузку и откладывает значительный отпечаток на экосистемы и в частности на почву. Помимо электромагнитного загрязнения наибольшую опасность представляют загрязнения химической природы, а именно тяжелые металлы (ТМ) и нефтезагрязнение. Тяжелые металлы ингибируют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах, подавляют дыхание почвенных микроорганизмов, вызывают микробостатический эффект. Загрязнения нефтью в свою очередь так же несет ряд негативных последствий: изменение физико-химических свойств почв, характера биохимических процессов, подавление активности микробиоты.

Целью работы было исследование комплексного влияния СВЧ-излучения и химического загрязнения на численность спорообразующих бактерий.

В качестве объекта исследования был выбран чернозём обыкновенный, отобранный в Ботаническом саду ЮФУ г.Ростова-на-Дону.

Схема эксперимента:

1. Контроль;
2. РbO;
3. нефть;
4. 450 Вт;
5. РbO + 450 Вт;
6. нефть +450 Вт;
7. 800 Вт;
8. РbO + 800 Вт;
9. нефть + 800 Вт.

Результаты и обсуждения. СВЧ-излучение снижало численность бактерий пропорционально мощности излучения – на 37% ($p < 0,001$) при мощности 450 Вт и на 49% ($p < 0,001$) при мощности 800 Вт. Загрязнение свинцом вызвало снижение численности спорообразующих бактерий на 56% ($p < 0,001$), сочетанное воздействие свинца и СВЧ-излучения мощностью 800 Вт не оказало достоверного влияния на численность спорообразующих бактерий, однако СВЧ-излучение мощностью 450 Вт вызвало снижение численности на 52% от контроля ($p < 0,001$). Воздействие нефтяного загрязнения на почвенную микрофлору вызвало некоторое увеличение численности почвенных спорообразующих микроорганизмов (на 10%, $p < 0,05$). Сочетание нефтяного загрязнения с воздействием СВЧ-излучения мощностью 450 Вт, напротив, вызвало резкое падение численности спорообразующих микроорганизмов – на 70% ($p < 0,001$). Однако влияние СВЧ-излучения более высокой мощности оказало намного более слабый подавляющий эффект – 24% ($p < 0,001$).

УДК 631.43:46

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКРОФЛОРЫ И ПОТЕНЦИАЛ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА

**Круглов Ю.В.¹, Умаров М.М.², Мазиров М.А.³, Патыка Н.В.¹, Хохлов Н.Ф.³,
Думова В.А.¹, Андронов Е.Е.¹, Костина Н.В.², Голиченков М.В.², Воробьев Н.И.¹**

¹*ВНИИСХМ, С-Петербург, e-mail: yuvkruglov@yandex.ru,*

²*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: mumarov@mail.ru,*

³*МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, mazirov@mail.ru*

В длительном полевом опыте МСХА им. К.А. Тимирязева, заложенном в 1912 году А.Г. Дояренко, исследовали физические свойства и филогенетическое разнообразие микрофлоры дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, а также потенциальную способность ее восстанавливать нитраты и фиксировать молекулярный азот под покровом озимой ржи, клевера и чистого пара. Показано, что при систематическом на протяжении 60 лет известковании почвы существенно изменяются ее физические свойства: снижается плотность, увеличивается влагоудерживающая способность и, соответственно, влагообеспеченность, возрастает общая пористость, оптимизируется соотношение активной (занимаемой водой) и неактивной (занимаемой воздухом) пористости. Эти изменения в

известкованной почве являются результатом снижения ее кислотности, более интенсивным развитием корневой системы и увеличением массы пожнивных остатков всех культур севооборота.

Наиболее высокие показатели биоразнообразия микроорганизмов, определяемые методом полиморфизма длины рестрикционных фрагментов (TRFLP) 16s рРНК гена, характеризующим прокариотные микроорганизмы, наблюдались в почве под покровом озимой ржи, меньше под клевером и в парующей почве. В произвесткованной почве во всех вариантах опыта отмечалось существенное увеличение биоразнообразия прокариот. Индекс, характеризующий генотипическое богатство, увеличивался по сравнению с неизвесткованным вариантом в 2 и более раза. До 80% выявленных нами микроорганизмов относятся к так называемым некультивируемым или неизвестным ранее генотипам. Таким образом, систематическое известкование вызывает изменение генотипической структуры и увеличение биоразнообразия ассоциации прокариотических микроорганизмов в дерново-подзолистой почве.

Потенциальная способность почвы восстанавливать нитраты варьировала в зависимости от времени отбора образцов для анализа и вариантов опыта. В звене севооборота озимая рожь, клевер, чистый пар после весеннего отрастания растений наиболее активно процессы денитрификации проходили в парующей почве, что обусловлено значительным количеством запаханных в почву и разлагающихся пожнивных остатков и массы корней, которые служат энергетическим материалом для микроорганизмов. Летом в середине вегетационного периода при крайнем дефиците влаги денитрифицирующая активность почвы под различными культурами севооборота выравнивалась, но была в 2–3 раза выше в произвесткованной почве.

Азотфиксирующая активность кислой неизвесткованной почвы, определяемая по активности ацетиленредукции, находилась на крайне низком уровне и не зависела от культуры растений и срока анализа. Однако, в результате систематического известкования она возростала в десятки и сотни раз во всех вариантах севооборота, при этом под покровом растений была в несколько раз выше, чем в парующей почве, что, безусловно, связано с оптимизацией рН, интенсивным развитием корневой системы, высоким уровнем корневых выделений и микрофлорой ризосферы, сформировавшейся в этих условиях. Отсюда следует, что систематическое известкование интенсифицирует процессы трансформации азота в почве: возрастает выброс азота за счет микробиологических процессов денитрификации и увеличивается поступление его в почву в результате микробной фиксации молекулярного азота. При этом вектор двух противоположных процессов смещается в сторону азотфиксации.

Сравнительный анализ выявил тесную связь между рН, физическими, микробиологическими и биохимическими параметрами, которые формируются при длительном систематическом известковании почвы.

Полученные результаты приводят к заключению, что систематическое известкование почвы является мощным фактором улучшения физических свойств, формирования филогенетической структуры микробного комплекса, увеличения генетического фонда прокариотической микрофлоры и интенсификации биохимических процессов трансформации азота, что обуславливает формирование высокого плодородия почвы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 09-04-13730-офи_ц

УДК 631.46

ГРИБЫ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТАЦИИ КИСЛОРОДА В ПОЧВАХ

Кураков А.В., Лаврентьев Р.Б., Садыкова В.С., Хидиров К.С.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, kurakov57@mail.ru

Грибы доминируют по биомассе во многих почвах и поэтому неизбежно попадают в ситуации с пониженным парциальным давлением кислорода и анаэробнозиса. Традиционно считается, что бактерии – единственные организмы, функционирующие в таких условиях. Obligatно-анаэробные грибы-хитридиомицеты, обитают только в рубце жвачных животных. Однако известно, что существуют не только дрожжевые, но и мицелиальные микроскопические грибы способные к брожению, и они при наличии легкодоступных сахаров, по-видимому, также могут функционировать в анаэробных условиях. Вместе с тем, информация о видовом разнообразии и биомассе таких грибов в почвах отсутствует. Крайне мало сведений о морфологии их роста и активности спиртового брожения в анаэробных условиях.

Методом люминесцентной микроскопии с использованием прижизненных красителей показано, что как в гидроморфных, так и автоморфных почвах существуют грибы способные длительное время сохраняться в виде живого мицелия в анаэробных условиях. Доля их жизнеспособного мицелия, в длительно (более месяца) инкубируемых в анаэробных условиях автоморфных почвах составляет 10–20% и 30–40% в почве верхового болота от общей биомассы живого мицелия в свежих образцах. Эта группа включает около 40 видов митоспоровых грибов аскомицетного аффинитета – порядков *Hydrocreales* и *Eurotiales* и отдела *Zygomycota* порядка *Mucorales* и *Mortierellales*. Наиболее час-

то в анаэробных условиях из почв выделяются виды *Fusarium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Zygorhynchus*, реже – *Absidia*, *Actinomucor*, *Mortierella*, *Aspergillus*, *Clonostachys*, *Tolyposcladium*, *Acremonium*, *Paecilomyces*. Обнаружены различия в их относительном обилии в почвах разных типов. Впервые способность роста в анаэробных условиях установлена у представителей *Trichoderma aureoviride*, *T. atroviride*, *T. viride*, *T. polysporum*, *Umbelopsis isabellina*, *Sphaerostilbella aureonitens*, *Paecilomyces lilacinus*, *Tolyposcladium inflatum*, *Acremonium strictum*, *Clonostachys grammicospora*, *C. rosea* var. *rosea*, *Absidia glauca*, *Actinomucor elegans*, *Lecanicillium lecanii*, *Aspergillus terreus* и ряда других. Микроскопические мицелиальные грибы развиваются на твердой среде в атмосфере N₂ преимущественно в виде мицелия со скоростью роста в 1,3–4 раза меньшей, чем в атмосфере воздуха, не образуют характерных половых и бесполовых структур, а формируют редкие одиночные бластоспоры или округлые артроспоры, мицелий отличается неравномерной толщиной и, в среднем, меньшим диаметром. При наличии в атмосфере N₂ более высоких концентраций CO₂ (30%) у *Mucor circinelloides* обнаружен дрожжевой рост. При анаэробных условиях в митохондриях грибов (*Fusarium oxysporum*) происходит редукция крист, они уменьшаются в размерах или вообще не обнаруживаются, что свидетельствует о переходе организма к брожению. У разных в таксономическом отношении факультативно-анаэробных мицелиальных грибов, а не только у мукоровых, обнаружена относительно высокая активность брожения. Накопление этанола на среде с глюкозой (1%) у изолятов *F. oxysporum*, *F. solani*, *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus terreus* достигало 50–100%, а у *Trichoderma aureoviride* – 20–50% от уровня продукции спирта у диких штаммов *Saccharomyces cerevisiae* и *Hanseniaspora* sp. При содержании в среде 5–12,5% глюкозы или сахарозы накопление этанола микромицетами составляло 1,0–4,5%. Они способны осуществлять спиртовое брожение на более широком спектре сахаров, чем дрожжевые грибы. Половина из испытанных штаммов разных видов микромицетов проводила брожение на 7 сахарах. Активность синтеза гидролитических ферментов грибами, согласно нашим и литературным данным, существенно снижается при ограничении снабжения кислородом. Одновременно существуют микромицеты, выделяющие в этих условиях закись азота с удельной активностью близкой к таковой у пропионовых бактерий и энтеробактерий, и заметно более низкой, чем у денитрифицирующих бактерий.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВТОРИЧНОГО НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ

Лабутова Н.М., Щерба А.В., Галова А.В., Орлова Е.Е.

СПбГУ, Санкт-Петербург, labutovanm@gmail.com

Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами вызывает ответные реакции во всех компонентах экосистемы, в том числе, и в микробных комплексах. При этом, в современных реалиях экосистемы, как правило, подвергаются не единичным, а многократным нефтезагрязнениям. Для решения вопросов о характере изменений, происходящих в почве, и обратимости процессов, проявляющихся в результате вторичного загрязнения, необходимо детальное изучение поведения микрофлоры.

Целью данного исследования был сравнительный анализ состояния бактериального и грибного ценозов после первичного и повторного нефтезагрязнения.

Исследования проводили на хорошо окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве в 2004 г. загрязненной нефтью. В сентябре 2009 года из пахотного горизонта загрязненной почвы и незагрязненного аналога были отобраны образцы для моделирования первичного и повторного загрязнения. Нефть вносили в дозах 1% и 5% от массы почвы. Контролем 1 (первичное загрязнение) служила почва с незагрязненных участков, контролем 2 (повторное загрязнение) – нефтезагрязненная в 2004 г. почва. После компостирования в сосудах при комнатной температуре в течение 165 суток из образцов почвы делали поверхностный посев на МПА и среду Чапека для определения численности и разнообразия бактерий и грибов. Оценку разнообразия и структуры микробных сообществ проводили на основе учета количества, обилия и частоты встречаемости морфолого-культуральных типов (МКТ) бактерий и грибов.

За 4 года после однократного внесения нефти в почвенном микробном ценозе произошли определенные изменения. Численность грибов и бактерий в загрязненной почве восстановилась и не отличалась от таковой в почве без внесения нефти. Также было показано восстановление разнообразия бактерий, при чем у в грибном ценозе этот показатель даже увеличился. Расчет экологических индексов разнообразия – доминирования выявил некоторые различия в действии загрязнения на бактериальный и грибной ценозы. Так в бактериоценозе наблюдалось увеличение концентрации доминирования, по сравнению с показателем в незагрязненной почве, что свидетельствует об ухудшении структуры ценоза. Напротив, в грибном ценозе

через 4 года после нефтезагрязнения по сравнению с незагрязненной почвой признаков ухудшения не наблюдалось – все показатели индексов разнообразия – доминирования свидетельствуют о благоприятной структуре и стабильности ценоза. Повторное внесение нефти повлияло на численность почвенной микрофлоры: количество бактерий увеличилось по сравнению с грибной микрофлорой. Разнообразие бактерий почти не менялось, по сравнению с контролем без внесения нефти, как при первичном, так и повторном загрязнении. В отличие от бактерий, разнообразие микромицетов было значительно шире при повторном нефтезагрязнении. Состояние грибного ценоза дерново-подзолистой почвы не ухудшилось ни при первичном, ни при повторном внесении нефти. Обращает на себя внимание тот факт, что наиболее стабильный ценоз сформировался при повторном нефтезагрязнении в варианте с внесением 5% нефти. При этом стабильность ценоза возросла на фоне сужения разнообразия и изменения качественного состава, по сравнению с контролем 2. Первичное внесение нефти привело к адаптации грибного ценоза. На основании проведенных исследований можно заключить, что внесение нефти в дерново-подзолистую почву привело к изменению почвенной микрофлоры, которая за 4 года после добавления нефти не восстановилась до состояния, предшествовавшего загрязнению. Произшедшие изменения обусловили адаптацию микроорганизмов к повторному нефтезагрязнению: бактериальный ценоз проявил устойчивость к низкой дозе нефти, а грибной – и к низкой, и к высокой дозам. При этом бактериальный ценоз дерново-подзолистой почвы оказался более чувствительным к нефтезагрязнению, чем грибной.

УДК 631.46

РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОПЕДОБИОНТОВ В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЮГО-ВОСТОКА БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

**Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Таскаева А.А., Кудрин А.А.,
Хабибуллина Ф.М.**

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

В 2006–2011 гг. исследован комплекс микроредобиионтов в ивняково-ерниковой (почва тундровая поверхностно-глееватая – Тпг) и мохово-лишайниковой (тундровая торфянисто-глеевая – Ттг) тундрах (Воркутинский р-н). Рассмотрены таксономический состав, вертикальное распределение, сезонная динамика микроорганизмов (бактерии, грибы) и микро-

фауны (коллемболы, нематоды) в зависимости от уровня залегания ММП, свойств и режимов почв, микрорельефа, растительного покрова биотопов. Отбор почвенных проб для изучения почвенных беспозвоночных и микроорганизмов производили ежегодно (в августе) в соответствии с общепринятыми методами. Учитывали численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ), численность и биомассу бактерий, спор дрожжей и микромицетов, длину и биомассу мицелия (методом люминесцентной микроскопии). Выделение нематод осуществляли в соответствии с модифицированным методом Бермана. Выгонку микроартропод производили в воронках Берлезе-Тюльгрена. Идентификацию нематод осуществляли до рода, коллембол и микроскопических грибов – до вида.

Установлено, что бактерии в профиле тундровых почв распространены на всю глубину сезонно-талого слоя (вплоть до ММП). Численность бактерий варьирует от 0.15 до 1.67 млрд кл/г почвы. В почве Ттг, отличающейся большим запасом холода и залеганием ММП в первом метре профиля, численность бактерий, по сравнению с почвой Тпг, более резко снижается при переходе от органогенных (0.52–1.67 млрд кл/г) к минеральным (0.01–0.04 млрд кл/г) горизонтам. Мицелий микроскопических грибов сосредоточен преимущественно в органогенных горизонтах, где составляет основу микробной биомассы (до 97%). В минеральных горизонтах она представлена спорами микромицетов (81–93%) и прокариотными микроорганизмами (8.6–55.5%). Соотношение ЭТГМ определяется конкретными погодными условиями года, спецификой микрорельефа, типом почвы и различается в зависимости от характера генетического горизонта.

Комплекс микромицетов представлен 77 видами из 40 родов, относящихся к отделам *Zygomycota*, *Ascomycota*, *Anamorphic fungi* (включая три «вида» стерильных форм мицелия). В почве Ттг отмечено 52 вида из 28 родов, в почве Тпг – 63 вида из 33 родов. Таксономический состав микоценозов характеризуется обилием представителей рода *Mortierella* (11 видов), *Penicillium* (10), *Mucor* (5), *Trichoderma* (3). Остальные роды представлены 1–2 видами. Максимум разнообразия микромицетов приходится на слой живых мхов и верхнюю часть торфяно-подстилочного горизонта.

Фауна коллембол насчитывает 28 видов из 8 семейств. В почве Ттг зарегистрировано 23 вида ногохвосток, в Тпг – 21 вид. Наибольшей видовой насыщенностью отличаются семейства *Isotomidae* (14 видов), *Neanuridae* (5), *Onychiuridae* (4). Остальные насчитывают по одному виду. По обилию преобладают гемиэдафические и эуэдафические жизненные формы, доля поверхностных и верхнеподстилочных составляет 5–12%. В

почве Ттг плотность населения ногохвосток практически в 2 раза выше, по сравнению с Тпг. Однако в кустарниково-ерниковой тундре отмечено более равномерное распределение обилия и видового разнообразия коллембол по мере перехода от верхних органогенных (включая слой живых мхов) к минеральным горизонтам почвы Тпг.

В отличие от коллембол, нематоды активнее заселяют почву кустарниково-ерниковой тундры, где также концентрируются в слое живых мхов (202.9–319.5 тыс.экз./м²). С глубиной плотность их населения снижается (56.3–125.9 тыс.экз./м²). В минеральных горизонтах нематоды они отсутствуют. В составе нематоценозов зафиксированы представители 26 родов из 7 семейств и 4 отрядов: в Тпг – 10 родов, в Ттг -19. В Ттг во всех горизонтах доминируют представители сем. Mononchidae и Tripylidae, в Тпг – сем. Quidsiematidae. Рассмотренные биотопы существенно различаются по таксономическому составу и структуре доминирования нематод, коллембол, микромицетов.

УДК 631.47

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ГИФОСФЕРЫ НЕКОТОРЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Лапыгина Е.В., Загрядская Ю.А., Воронина Е.Ю.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 1989july@mail.ru

Базидиальные грибы в процессе разложения сложного органического вещества создают вокруг себя среду, насыщенную продуктами обмена, оказывая существенное влияние на формирование микробных ценозов в почве. В возникших локусах между грибами и бактериями могут складываться различные биоценоотические связи.

Целью нашей работы было изучение бактериальных сообществ гифосферы базидиомицетов в природных условиях. Исследования проводили на территории Звенигородской Биологической Станции МГУ имени М.В. Ломоносова в течение трех лет (2009–2011) на постоянных картированных площадках.

Определение показателей общей численности бактерий и физиологического состояния в гифосфере 11 видов базидиомицетов с использованием красителей акридина оранжевого (АО) и Live/Dead позволило разделить исследованные базидиомицеты на две группы по характеру действия на бактерии. В гифосфере базидиомицетов первой группы, – *Albatrellus ovinus*, *Gomphidius glutinosus*, *Clitocybe nebularis*, *Gymnopus*

confluens, *Coltricia perennis*, *Ramaria stricta*, – выявлено уменьшение общей численности бактерий в 1,5–3,0 раза, а также увеличение доли клеток с поврежденной мембранной в 1,6 раз по сравнению с контрольной почвой. В гифосфере базидиомицетов второй группы, – *Geastrum fornicatum*, *Calocera viscosa*, *Clavariadelphus ligula*, *Hebeloma sordidum*, *Lycoperdon perlatum*, отмечено увеличение общей численности бактерий в 1,5–2,0 раза и уменьшении доли клеток с поврежденной мембраной в 1,3 раза по сравнению с контролем.

Анализ таксономической структуры сапротрофного бактериального комплекса, выращавшего на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде с нистатином, выявил уменьшение доли бактерий-гидролитиков и увеличение доли копиотрофов в гифосфере базидиомицетов первой группы, в гифосфере базидиомицетов второй группы не обнаружено существенных отличий.

Учет численность отдельных филогенетических групп прокариот в гифосфере *Clitocybe nebularis* (I группа) с помощью метода fluorescence in situ hybridisation показало увеличение доли олиготрофов (фикумы *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*, *Alphaproteobacteria*) и уменьшение доли копиотрофов (*Gammaproteobacteria*), а в гифосфере *Lycoperdon perlatum* (II группа) – уменьшение доли олиготрофов (*Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*, *Alphaproteobacteria*) и увеличение доли копиотрофов (*Gammaproteobacteria*).

Кластерный анализ обилия таксонов бактерий в изученных локусах подтвердил значительную отдаленность сапротрофных бактериальных комплексов гифосферы базидиомицетов первой группы от контрольной почвы и сходство между указанными локусами для базидиомицетов второй группы.

Полученная характеристика бактериальных комплексов гифосферы всех изученных базидиомицетов позволила выявить различное влияние двух групп грибов на почвенные бактерии, которое существенным образом определяет дифференциацию экологических ниш для бактерий и оказывает, тем самым, значительное влияние на процессы разложения подстилки, интенсификации круговорота биогенных элементов, взаимодействие с широким кругом почвенных организмов разных таксономических и функциональных групп. Сложившиеся взаимоотношения между базидиальными грибами первой группы и бактериями следует, видимо, рассматривать как аллелопатические, а взаимоотношения между базидиомицетами второй группы и бактериями – как симбиотические.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ 10-04-00955а.

**БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА РАСТЕНИЙ
И ПОЧВЫ КАРТОФЕЛЬНОГО ПОЛЯ****Леонтьевская Е.А., Добровольская Т.Г., Хуснетдинова К.А.***МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, l-leont@rambler.ru*

В настоящее время одно из главных направлений в изучении микробных комплексов сельскохозяйственных угодий связано с оценкой влияния вида растений и характера землепользования на структуру микробных сообществ почв. Целью нашей работы явилось изучение и сравнение численности и структуры бактериальных сообществ в вертикально-ярусном ряду агроценоза. Образцы были отобраны на опытных полях, засаженных картофелем на территории агробиостанции «Чашниково» Московской области. В филлосфере и ризосфере картофеля и сорных растений, количество эпифитных бактерий колебалось от 10^9 до 10^{10} КОЕ/г. В почве картофельного поля количество бактерий было на 3–4 порядка ниже, чем в филлосфере и ризосфере. Показатели обилия колебались от 1,2 до $5,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Бактериальные сообщества филлосферы, ризосферы исследуемых растений и почвы резко отличались по таксономической структуре. На поверхности цветов картофеля доминировали аэробные подвижные протеобактерии родов *Aquaspirillum* и *Pseudomonas*, на листьях картофеля – факультативно-анаэробные бактерии рода *Erwinia*. На корнях и клубнях картофеля в качестве монодоминантов были выявлены типичные для ризосферы целлюлозоразрушающие бактерии – цитофаги и миксобактерии. На листьях сорняков доминировали, в отличие от картофеля, грамположительные пигментные актинобактерии рода *Micrococcus*, которые составили 40% в бактериальном сообществе одуванчика и 60% – в филлосфере других сорняков (смесь разных видов). В качестве субдоминантов выделялись миксобактерии. Бактерии рода *Erwinia*, которые были обнаружены в качестве доминантов на листьях картофеля, в филлосфере сорняков составили только 20%. В почве картофельного поля в бактериальном комплексе были найдены представители только двух родов – типичных почвенных форм – *Bacillus* (80%) и *Streptomyces* (20%). Коллекция бактерий, выделенных из филлосферы и ризосферы картофеля, сорняков и почвы (40 штаммов) была проверена на антагонизм по отношению к трём видам фитопатогенных бактерий: *Clavibacter michiganensis*, *Rathayibacter tritici* и *Pseudomonas syringae*. Бактерии вида *Clavibacter michiganensis* вызывает кольцевую гниль картофеля, *Rathayibacter tritici* – желтый слизистый бактериоз пшеницы. *Pseudomonas*

syringae – вид фитопатогенных псевдомонад, вызывающих заболевания у большого числа растений, выражающиеся в виде повреждения плодов и пятнистости листьев. Среди выделенных культур бактерий 20% проявили антагонистические свойства по отношению ко всем 3 видам фитопатогенных бактерий, взятым в опыт. Зоны ингибирования роста составляли 2–7 мм. Среди бактерий – антагонистов преобладали представители именно тех форм бактерий, которые выделялись в качестве доминантов как с поверхности исследованных растений, так и из почвы.

УДК 631.46

МИКРОБНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ХИТИНА И ПЕКТИНА В ЧЕРНОЗЕМЕ И ГЛЕЕ-СЛАБОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВАХ

Лукачева Е.Г.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Lukacheva.sovel@gmail.com

Хитин – азотсодержащий органический биополимер (поли-N-ацетил – D-глюкозамин), входящий в состав экзоскелета беспозвоночных животных и клеточных стенок грибов, постоянно присутствует в почве и достигает десятых долей процентов от ее массы. Таким образом, хитин является важной частью органического азота почвы.

Пектиновые вещества – это группа высокомолекулярных полисахаридов, входящих в состав клеточных стенок высших растений. Максимальное количество пектинов находится в плодах и корнеплодах. Чистый пектин состоит из остатков D-галактуроновой кислоты. Пектиновые вещества относятся к гемицеллюлозам, функция которых заключается в интеграции элементов проводящих путей растений.

Целью работы было изучение развитие микробного хитинолитического и пектинолитического комплексов в почвах. Было исследовано разнообразие и численность отдельных филогенетических групп, а также выделены доминанты прокариотных микроорганизмов исследуемых сообществ.

Оценка численности и биомассы разных групп микроорганизмов в почвах с хитином и пектином выявило возрастание численности как эукариотических, так и прокариотических микроорганизмов. Причем на вариантах с пектином, наряду с возрастанием биомассы бактерий, заметно увеличивались грибы, тогда как в варианте с хитином особого внимания заслуживает рост актиномицетов – возрастание в 2 раза по сравнению с контролем.

Прокариотное микробное сообщество рассматриваемых почв исследовали с помощью молекулярно-биологических методов, в частности, метода *in situ*-гибридизации с рРНК-специфичными флуоресцентно-мечеными олигонуклеотидными зондами (FISH – fluorescent *in situ* hybridization). Этот метод совмещает возможности идентификации и определение численности отдельных филогенетических групп микроорганизмов в образцах различной природы.

В работе был применен спектр зондов, специфичных для представителей доменов Archaea и Bacteria, а также отдельных филогенетических групп Bacteria, что позволило осуществить анализ бактериального сообщества рассматриваемых почв. Использование метода FISH позволило учесть живые, метаболически активные клетки в почвенных образцах с хитином, пектином и в контроле.

В целом при внесении исследуемых полисахаридов суммарная доля метаболически активных клеток, обнаруженных гибридизацией с универсальными зондами на представителей доменов Bacteria и Archaea, составила в образцах исследуемых почв от 38% для чернозема до 78% для глее-слабоподзолистой.

Среди идентифицированных метаболически активных клеток эубактерий для отдельных филогенетических групп отмечается следующая особенность: как в пектинолитическом, так и в хитинолитическом комплексе значимая доля от всех эубактерий принадлежит актинобактериям и фирмикутам. При этом отметим, что в пектинолитическом комплексе вклад ацидобактерий и бактериоидов был выше, по сравнению с хитинолитическим комплексом. В хитинолитическом же комплексе наряду с актинобактериями и фирмикутами следует отметить группу альфапротеобактерий. Эти особенности объясняются тем, что ряд представителей этих групп являются активными гидролитами, способными разрушать труднодоступные полимеры. Говоря о глее-слабоподзолистой почве, то в ней наблюдаются схожие тенденции увеличения определенных филогенетических групп.

Таким образом, с помощью молекулярно-биологического метода (FISH) выявлены различия в структуре хитинолитического и пектинолитического комплексов исследуемых почв. Наряду с высокой численностью *Actinobacteria* и *Firmicutes* в почвах с хитином наблюдается увеличение таких филогенетических групп как *Alphaproteobacteria*, а в пектинолитическом комплексе следует отметить возрастание *Acidobacteria* и *Bacteroidetes*.

НАНОФОРМЫ БАКТЕРИЙ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ РОССИИ

Лысак Л.В., Соина В.С., Конова И.А., Кадулин М.С., Звягинцев Д.Г.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, lvlysak@mail.ru

Применение электронно-микроскопических методов исследования выявило присутствие в природных средах мелких форм бактерий, размеры которых приближаются к «запрещенному объему». В литературе они получили названия «фильтрующиеся форм», «ультрамикробактерий», «нанобактерий», «наноформ» бактерий. Численность и функции этих организмов в почвах практически не исследованы, хотя можно предположить, что они принимают участие во многих почвенных процессах.

Целью настоящей работы была оценка численности, физиологического состояния и таксономического состава наноформ бактерий в почвах и отдельных почвенных локусах для получения представлений об их роли в экологических функциях почвы.

Определение численности и физиологического состояния наноформ бактерий методом фильтрации через ядерные мембранные фильтры (диаметр 0.2 мк) с последующей окраской флуоресцентным красителем LIVE/DEAD (L7012) показало, что численность их в изученных горных и равнинных почвах России весьма велика и составляет десятки и сотни миллионов клеток в 1 г почвы. Доля наноформ бактерий от общего числа бактериальных клеток составляет от 1 до 7%. В загрязненных городских почвах Московского региона численность и доля наноформ бактерий была выше, чем в ненарушенных почвах той же природной зоны (400–600 млн). Доля наноформ бактерий составляет от 12 до 15% от общего числа клеток, т. е. в два и более раз выше, чем в природных незагрязненных почвах. При этом наименьший показатель (12%) соответствует образцам почвы, загрязненной нефтью, а больший (15%) – образцам городской почвы придорожной полосы. Изучение физиологического состояния бактерий, проведенное при помощи красителя LIVE/DEAD (L7012), свидетельствует о высокой потенциальной жизнеспособности наноформ бактерий. Доля клеток с ненарушенной внешней мембраной среди наноформ составляет 85–93%, в то время как среди клеток обычного размера – 60–70%. Впервые выявлен почвенный локус – железистые конкреции дерново-луговой и аллювиально-луговой почв, где значительная часть клеток бактерий представлена наноформами (доля их достигала 40%). Численность их составляла 400–600 млн клеток в 1 г, а доля клеток с не-

нарушенной мембраной среди наноформ бактерий – 95–98%. Высокая доля наноформ бактерий в конкрециях, а также их активное состояние позволяет предположить значимую роль наноформ бактерий в формировании железистых конкреций. При помощи метода FISH (fluorescence “in situ” hybridization) показано, что как среди наноформ, так и среди бактерий более крупного размера обнаруживаются одни и те же филогенетические группы (*Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* и *Proteobacteria*). В железистых конкрециях обнаруживались также филумы *Planctomyces* (дерново-луговая) и *Acidobacteria* (аллювиально-луговая). Это подтверждает ранее высказывавшееся некоторыми исследователями предположение об уменьшении размеров клеток бактерий в условиях лимитированного роста в некоторых почвенных локусах. Исследование фильтратов водных суспензий образцов почв и подпочвенных отложений методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии выявило значительное морфологическое разнообразие наноформ бактерий и присутствие значительного количества делящихся клеток, что свидетельствует об их высокой жизнеспособности. Клетки без признаков деления (сходные с покоящимися формами) наблюдались преимущественно в вечномерзлых подпочвенных отложениях.

Полученные результаты свидетельствуют о значительной численности и активном физиологическом состоянии наноформ бактерий в различных почвах, а концентрация в железистых конкрециях позволяет предположить их участие в процессах формирования железистых конкреций.

УДК 582.28, 581.524

ДРОЖЖЕВОЕ НАСЕЛЕНИЕ МУРАВЕЙНИКОВ *FORMICA AQUILONIA*

Макимова И. А.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, taximova.irina@gmail.com

Муравьи оказывают очень существенное влияние на формирование микробного населения почв, а между тем дрожжевое население муравейников и самих муравьев изучено очень слабо. Первое исследование, посвященное этой теме, было проведено в начале 70-х годов И. П. Бабьевой и В. И. Голубевым. В ходе этой работы были проанализированы образцы гнезд лесных муравьев *Formica rufa*, *F. polyclena*, *F. pratensis*, *F. aquilonia*, муравьев подрода *Coptoformica* (*F. exsecta*), а также земляные гнезда муравьев *Lasius niger* и *L. flavus*, отобранные в Московской и Тверской областях. В результате уда-

лось установить, что в исследованных гнездах муравьев рода *Lasius* дрожжи отсутствуют, в гнездах муравьев подрода *Coptoformica* дрожжевое население было представлено, главным образом, пигментированными дрожжами *Rhodotorula rubra*, которые в соответствии с представлениями современной систематики, относятся к виду *R. mucilaginosa* и являются типичными эпифитными организмами. Однако наиболее интересными оказались образцы гнезд *F. rufa*, выяснилось, что их дрожжевое население представлено исключительно дебариомицетовыми дрожжами видов *D. cantarellii* (сейчас это вид *D. polymorphus*) и *D. formicarius* (сейчас это вид *D. vanrijiae*), которые не были обнаружены ни в одном из фоновых субстратов. Численность этих дрожжей порой достигала 10^6 КОЕ/г образца, что значительно превышает среднюю численность дрожжей в фоновых субстратах.

Впоследствии в конце 90-х годов в нашей лаборатории было проведено еще одно небольшое исследование муравьев рода *Lasius* в рамках дипломной работы Е.Е Терениной. В ходе данной работы удалось выяснить, что в имаго и коконах этих муравьев постоянно присутствуют дрожжи, однако их численность очень невелика и составляет в среднем 10^2 КОЕ/г. Помимо видов *Rhodotorula fujisanensis*, *Cystofilobasidium capitatum*, *Trichosporon pullulans*, которые являются обычными компонентами лесной подстилки. В муравьях также были обнаружены виды *Debaryomyces hansenii* и *Debaryomyces sp.*, последний морфологически очень сходен с видом *D. vanrijiae*, но отличается от него по нескольким физиологическим тестам.

В ходе настоящего исследования нами были проанализированы муравейники *Formica aquilonia* из разнотравного березово-соснового леса в Тогучинском районе

Новосибирской области. Пробы были взяты в мае и августе 2011 года, из нескольких гнезд, причем в каждом гнезде были отобраны образцы вала, различных слоев купола, камер с расплодом. Помимо образцов муравейников нам удалось проанализировать имаго и коконы муравьев *Formica aquilonia*. В качестве контроля были использованы образцы почвы и подстилки, отобранные на расстоянии 2–3 м от гнезда муравьев.

Было установлено, что численность дрожжевых грибов в муравейниках в мае составляет в среднем 4×10^3 КОЕ/г и основную долю дрожжевого населения составляют дебариомицетовые дрожжи и филогенетически близкие к ним несовершенные дрожжи рода *Candida*. причем в камерах с расплодом численность этих дрожжей достигала 10^5 КОЕ/г. В образцах муравейников отобранных в августе численность дрожжей была примерно такой же, однако в дрожжевых группировках произошла существенная перестройка – дебариомицеты и близкие им виды дрожжей перешли в разряд

минорных компонентов, а преобладать стали дрожжи *Aureobasidium pullulans* и *Cystofilobasidium capitatum*, типичные обитатели подстилки и других растительных субстратов. Интересно, что в исследовании Бабьевой и Голубева, где образцы муравейников *Formica aquilonia* отбирали также в позднелетний период, тоже преобладали эпифитные дрожжи, в то время как дебариомицетовые дрожжи составляли незначительную долю.

УДК 582.323 / .275-152

АЛЬГОМОНИТОРИНГ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Малахова Н.А

*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск,
shymen@inbox.ru*

Большая протяжённость Западной Сибири в меридиональном направлении определяет широкий спектр природных климатических условий и как следствие разнообразие болотных экосистем. Олиготрофные сфагновые болота лесостепной зоны находятся на границе своего ареала, представленные в виде небольших островков.

Проведение почвенно-экологического мониторинга является приоритетным направлением в исследовании болот. Одной из важных его составляющих является изучение почвенных водорослей, которые несут на себе функциональную нагрузку в сообществах.

Являясь фотоавтотрофными организмами, они создают первичную продукцию, участвуют в процессах азотфиксации, вступают в разнообразные взаимоотношения с почвенным населением, что может косвенно свидетельствовать о процессах, происходящих в торфяных отложениях болот. Кроме того, благодаря фотоавтотрофности водоросли имеют сходную с высшими растениями физиологию, что позволяет полученные результаты экстраполировать на них.

В биоиндикационных целях ценотического уровня организации используют показатели качественного состава альгогруппировок (видовой состав, соотношение различных систематических групп, состав доминантов и субдоминантов, экобиоморф).

Цель работы – изучить видовой состав и фитоценотическую структуру почвенных альгогруппировок верхового болота лесостепной зоны.

Работа проводилась в Убинском районе Новосибирской области, в 4 км южнее Николаевка-2. В центральной части верхового болота растительный

покров представлен сосново-берёзово-кустарничково-сфагновым сообществом. По периферии болота окаймляют тростниковые и осоко-тростниковые сообщества. Между центральной частью и периферией выделяется переходная зона с характерным промежуточным набором видов.

Отбор проб проводился в пределах выделенных растительных ассоциаций. При сборе материала выделяли слои в пределах деятельного горизонта торфяной залежи. Видовой состав водорослей выявлялся методом чашечных и водных культур.

Всего было зарегистрировано 48 видов и внутривидовых таксонов водорослей, принадлежащих к 4 отделам, 14 порядкам, 20 семействам и 23 родам. Из них *Chlorophyta* – 31, *Bacillariophyta* – 7, *Xanthophyta* – 6, *Cyanophyta* – 4 вида. Превалировали виды отдела *Chlorophyta*, составляя более половины всей флоры, что характерно для болотных экосистем. В практически равном соотношении в таксономической структуре находились *Bacillariophyta* и *Xanthophyta*. Представители синезелёных водорослей немногочисленны.

В общей структуре на основании расчета коэффициента эколого-ценотической значимости выявлена олигодоминантная группировка водорослей, которая представлена *Chlamydomonas atactogama* Korsch., *Frustulia rhomboides* var. *rhomboides* и *F. rhomboides* var. *saxonica* (Rabenh) D.T.

Разнообразие жизненных форм почвенных водорослей может быть связано с адаптационными процессами при недостаточном атмосферном увлажнении и минеральном питании. Вместе с этим полночленность спектра, по-видимому, свидетельствует об относительной устойчивости болотной экосистемы в пределах изменений экологических факторов. В полночленном ранжированном ряду биологического спектра альгогруппировок доминировала Х-форма (43,8%), которая представлена видами *Chlorella lobophora*, *Characiopsis acuta*, *Cosmarium crenatum* и другими видами характерными для болотных экосистем. В равном долевым соотношении находились Н- и В-формы (по 15% каждая), представленные *Chlorhormidium flaccidum* var. *flaccidum*, *Tribonema minus*, *Hantzschia amphioxys* f. *amphioxys*.

В альгофлоре сфагнового болота преобладали мезофилы (50%): *Chlorella lobophora*, *Bumilleria sicula*, *Hantzschia amphioxys*, что обусловлено содержанием влаги в торфяной почве. На долю амфибиальной и гидрофильной групп приходится в сумме 42%. Среди прочих видов можно отметить одноклеточные зеленые гидрофильной природы: *Closterium dianaе*, *Netrium digitus*, *Cosmarium decedens* var. *sinuosum*, как типичные представители водной флоры болот.

Таким образом, выявленное большое видовое разнообразие зелёных, значительное доленое участие видов амфибиальной и гидрофильной групп водорослей, олигодоминантные альгогруппировки указывают на болотный процесс почвообразования.

УДК 631.47+48

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ОКУЛЬТУРЕННЫХ ЦЕНОЗОВ САЛЬЯНСКОЙ СТЕПИ

Мамедзаде В.Т.

Институт почвоведения и агрохимии НАНА, leyla.sadixova@gmail.com

Развитие отдельных групп почвенной микробиоты находится в тесной взаимосвязи с абиотическими факторами окружающей среды. Наряду с гидротермическим режимом, освещенностью, наличием в почве органических и минеральных компонентов определяющие характерную жизнедеятельность микроорганизмов систематических групп важную значимость для их развития имеет также и засоление (солонцеватость) почв. Обычно засоленные почвы характеризуются слабой микробиологической и ферментативной активностью. Различная степень засоления почв, а также мелиорация и сельскохозяйственное освоение оказывает существенное влияние на специфические особенности состава и свойств органического вещества почв, на активность ферментативных и микробиологических процессов. В составе микрофлоры засоленных почв незначительную часть составляют не спорообразующие бактерии. По профилю почв общее количество микроорганизмов снижается. По-видимому, это обусловлено тем, что не спорообразующие бактерии наиболее чувствительны к повышенному засолению и к щелочной почвенной среде. Важное значение в трансформации органических остатков в таких почвах имеют спорообразующие бактерии и актиномицеты, как более адаптированные к этим условиям. Микроскопические грибы обычно представлены в небольшом количестве. Применение различных агротехнических и мелиоративных мероприятий (глубокое рыхление, использование химвелиорантов, строительство дренажной системы, внесение органических удобрений) положительно сказывается на жизнедеятельности микроорганизмов и активности почвенных ферментов. Существенное значение имеет правильный выбор сельскохозяйственных культур, устойчивых к засолению которые, своими органическими остатками создадут необходимые пищевые ресурсы для различных групп микроорга-

низмов и других представителей почвенной биоты. Проведенные нами исследования по микробиологической и ферментативной активности сероземно-луговых почв Сальнянской степи выявили между естественными и окультуренными ценозами определенные различия. Почвы естественного ценоза под галофитной растительностью с высокой засоленностью до 1,7–2,5% (по плотному остатку) и солонцеватостью (количество поглощенного натрия) доходит до 10,9–16,7% имеют небольшую численность микроорганизмов 760,8тыс/г почвы, в составе которой преобладают актиномицеты 59,8%, споровые 25,0% (от общего числа бактерий 38,0%) и микроскопические грибы 22%. Очень слабо проявляется в этих почвах активность окислительного фермента каталазы 1,42 млО₂/г почвы. Агроценоз пшеницы отличается отсутствием засоления 0,22–0,24%, уменьшением количества катиона натрия до 4,21–12,11%, что положительно отразилось на биохимической активности почвы. Увеличилась общая численность микробиоты до 2,716тыс/г почвы, при значительном возрастании бактерий 64,5% существенном уменьшении актиномицет 35,2% и грибов 0,3%. Активность каталазы возрасла в 3 раза, составив 4,30 млО₂/г почвы. Как видно из этих данных окультуривание оказало положительное влияние на биохимическую активность почв.

УДК 631.41

ЭКОФИЗИОЛОГИЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Манучарова Н.А.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, manucharova@mail.ru

Вертикальная дифференциация наземных биогеоценозов обусловлена формированием вертикальных ярусов, существенно различающихся по составу и структуре микробных сообществ. Надземный, наземный (подстилка), и почвенный ярусы связаны единым потоком органического вещества и представляют собой разделенные в пространстве стадии сукцессии по разложению органических веществ. Разложение органических остатков связано, прежде всего, с деятельностью микроорганизмов, образующих ферменты гидролазы, разрушающие сложные органические соединения. Целью работы явилось установление закономерностей распространения, филогенетической принадлежности, метаболической активности и толерантности к экстремальным экологическим факторам гидролитических прокариотных микробных комплексов, осуществляющих деструкцию полисахаридов (хитина и пектина)

в наземных экосистемах. Полевые исследования и сбор материалов проводились в наземных экосистемах различных биоклиматических зон с учетом вертикальной ярусности. Объектами исследования явились образцы, отобранные из разных ярусов вертикальной структуры биогеоценозов, представляющие собой: верхние гумусовые горизонты чернозема обыкновенного, каштановой, серой лесной, дерново-подзолистой, глее-слабоподзолистой почв и текстурного уплотненного горизонта бурой пустынно-степной почвы Монголии – почвенный ярус; наземные образцы подстилок соответствующих почв – наземный ярус (смешанный образец, включающий все три слоя – L, F и H) и растительные субстраты – надземный ярус (зеленая хвоя ели (*Picea abies*), листья липы (*Tilia cordata*), березы (*Betula sp.*)). Использование модифицированного метода анализа гибридизации клеток *in situ* (FISH) позволило впервые установить, что численность физиологически активных гидролитических прокариотных комплексов составляет третью часть от комплексов всех прокариотных организмов наземного (филлосфера), наземного (подстилка) и почвенного ярусов исследованных биогеоценозов. Выявлены различия в филогенетической структуре гидролитического прокариотного комплекса пространственно-сукцессионного ряда. Наиболее активно процесс деструкции биополимеров в наземном ярусе ведут представители группы *Proteobacteria* (альфа и бета). В почве усиливается роль представителей групп *Firmicutes* и *Actinobacteria*. Исследование структурных и функциональных показателей гидролитических микробных комплексов широкого ряда почв выявило, что наиболее активно процессы разложение полисахаридов протекают в черноземе и серой лесной почвах, где роль основных гидролитиков принадлежит прокариотам, главным образом, актиномицетам. Впервые показано *in situ* наличие в черноземе фермента хитиназы и хитиназного гена группы A, принадлежащего представителям филогенетических групп *Actinobacteria* и *Firmicutes*. Эти филлумы определены как доминирующие при исследовании прокариотного хитинолитического комплекса чернозема классическими методами посева из почвы и молекулярно-биологическими методами – методом гибридизации клеток *in situ* (FISH) и методом денатурирующего градиентного гель-электрофореза (ДГГЭ). При каждой совокупности факторов (температура, влажность, органическое вещество) формируется специфический микробный комплекс. Среди широкого ряда исследованных экологических факторов, влияющих на деятельность гидролитических микробных сообществ почв, наиболее значимым для развития почвенного микробного сообщества, в условиях проведенных опытов, оказывается уровень увлажненности почв. Увлажненность почвы более значимо влияет на деятельность хитинолитического комплекса по сравнению с пектинолитическим.

ПОЧВЕННЫЕ ГРИБЫ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Марфенина О.Е., Иванова А.Е., Данилогорская А.А.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, marfenina@mail.ru

Одним из важнейших процессов в современной биосфере считают потепление климата. Несмотря на дискуссионность самого явления, очевидно, что оно может существенно повлиять на современную структуру и функционирование почвенных организмов в зональных условиях. Грибы – важнейшая по своим функциям группа почвенных организмов. Влияние на грибные сообщества изменения климата может выражаться непосредственно при изменении почвенных условий (температуры, влажности), так и в связи с трансформацией растительного покрова, что, как показано, может привести к изменению развития микоризообразующих, древо-разрушающих, фитопатогенных грибов.

Изменение функционирования почвенных грибов-сапротрофов может выражаться в изменении уровня и разнообразия потребления ими органических субстратов, дыхания почв. Одновременно изменение климатических параметров не может не отразиться на видовой структуре и составе грибных сообществ, через изменения жизненных циклов отдельных видов.

Методически реакцию на климатические изменения можно выявить при сопоставлении многолетних данных, характеризующих почвенные грибные сообщества в погодных условиях разных лет, а также в микрополевых и модельных экспериментах с разными условиями температуры и влажности почв.

Оценку изменения функционального состояния почвенной микобиоты мы проводили по таким показателям как: дыхание, разнообразие потребляемых субстратов (методом МСТ), особенности трансформации важнейшего природного соединения (целлюлозы). Например, в модельных экспериментах с урбаногемами при повышении температуры с 20°C до 30°C в процессе сукцессии происходило некоторое увеличение разнообразия потребляемых субстратов, отмечено более длительное потребление в процессе сукцессии сахаров.

Оценку изменения трансформации органических субстратов (на примере, целлюлозы) в природных условиях проводили в микрополевых опытах, на постоянно или временно укрываемых делянках. При повышении среднесуточных температур (под парниками) в разных природных зонах наблюдали изменение заселения целлюлозы грибами, возростание

доли светлого мицелия, уменьшение присутствия темноокрашенных грибов. В наибольшей степени это было выражено в экстремальных условиях – на бедных, хорошо прогреваемых при повышении температуры северных почвах (маршевых, примитивных) по сравнению с почвами умеренных широт (серые лесные).

При сопоставлении в полевых исследованиях почвенных грибных сообществ в погодных условиях разных лет, в жаркие года регистрируется снижение численности культивируемых микроскопических грибов (КОЕ), изменение разнообразия их отдельных групп. При этом, например, в серых лесных почвах жарким, засушливым летом увеличивается разнообразие выделяемых микроскопических культивируемых грибов и грибов, разлагающих целлюлозу, что может быть связано с усилением спорообразования. Может происходить и увеличение разнообразия фитопатогенов, например, родов *Fusarium*, *Botrytis*, *Phoma*, *Alternaria*. В модельных исследованиях в процессе сукцессии в урбаноземах при повышении температуры (до 30°C) отмечалось снижение выделения типичных для бореальных широт грибов родов *Penicillium*, *Paecilomyces*, темноокрашенных видов, но увеличение выделения видов рода *Aspergillus*, известных как более термотолерантные.

Повышение почвенных температур не может не стимулировать развитие группы почвообитающих оппортунистических грибов, потенциально опасных для здоровья человека. Они способны развиваться, именно, при повышенных температурах. Увеличение присутствия оппортунистических грибов рода *Aspergillus* – *A. flavus*, *A. fumigatus* отмечено в почвах умеренных широт как в засушливые и жаркие годы, так и в модельных экспериментах с повышенными температурами. Таким образом, климатические изменения могут сказываться на сообществах почвенных грибов, что должно быть изучено в целях прогноза поведения почвенной микробиоты в последующих исследованиях.

Работа поддержана Грантом РФФИ 11-04-00857.

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА МИКРОФЛОРУ ДЕРНОВО- ПОЗДОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Мосина Л.В.¹, Мерзлая Г.Е.²

¹РГАУ МСХА им. К.А.Тимирязева, Москва, vasenev@timacad.ru

²ВНИИА им. Д.Н.Прянишникова, Москва, info@vniia-pr.ru

Компосты на основе осадков сточных вод (ОСВ) приобретают все большее распространение. Это обусловлено, с одной стороны, ростом городов и, соответственно, увеличением масштабов образования ОСВ, а с другой – заключенных в них значительного количества органических веществ, что делает их привлекательными в качестве источников органических удобрений. Вместе с тем, ОСВ могут содержать и содержат значительное количество тяжелых металлов (ТМ), что представляет серьезную угрозу для живых организмов. В этой связи необходим тщательный контроль за их применением с использованием объективных критериев оценки состояния системы «почвы-растения». В качестве такой оценки может выступать реакция живых организмов, индикаторными из которых являются микроорганизмы. Однако изученность данного вопроса крайне слабая, а имеющиеся единичные сведения носят противоречивый характер. Кроме того, в литературе отсутствуют данные по динамике микроорганизмов под влиянием ОСВ в различных по погодным параметрам сезонах, особенно в экстремальных засушливых условиях. В этой связи в микрополевым опыте на ЦОС ВНИИА впервые изучено последствие компостов из осадков различных сроков хранения на количественный и качественный состав основных групп аэробных гетеротрофных микроорганизмов в дерново-подзолистой почве в условиях лета 2009 и 2010 годов, из которых 2010 год характеризовался исключительно жарким и сухим вегетационным периодом.

В 2010 году по сравнению с 2009 годом отмечено значительное (в 3–4 раза) снижение общей численности как аммонификаторов (с $15 \pm 1,6$ до $4 \pm 0,3$ млн КОЕ в 1 г сухой почвы), так и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (с $10 \pm 0,9$ до $4 \pm 0,5$ млн КОЭ в контрольном варианте).

При внесении компостов на основе ОСВ особенно выражено снижение аммонифицирующей активности при высоких дозах (35 т/га) (с $74 \pm 6,9$ – $82 \pm 8,4$ до $4 \pm 0,4$ – $9 \pm 1,0$ млн КОЕ). Процесс минерализации в экстремальном 2010 г наиболее энергично проходил под влиянием на-

воза КРС в отличие от деструкции компоста из осадков с фильтр-пресса и с игловых площадок. В составе микробного населения примерно в 1,5 раза увеличилась доля микроорганизмов с более мощным ферментативным аппаратом (спорообразующие бактерии). Анализ урожая трав в 2009 году показал достоверное его увеличение при применении обоих видов компостов в высокой дозе – 35 т на га составившее 40–42% к контролю. В 2010 г. по всем вариантам опыта установлено снижение урожая трав и особенно от последствия обоих видов компостов в дозе 10 т на га.

УДК: 631.4:551.3+631.46

ГОРНЫЕ ПОЧВЫ УЗБЕКИСТАНА И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Набиева Г., Гафурова Л., Кадырова Д., Саидова М., Жалилова Г., Садикова Г.

Национальный Университет Узбекистана, Ташкент, glazizakhon@yandex.ru

Горные и предгорные почвы Узбекистана своеобразны, генетически самостоятельны, экологически ранимы. Разнообразие агроэкологических, химических, агрохимических, агрофизических, биологических свойств почв, связанных с особенностью почвообразующих пород, рельефа, осложненных степенью эрозийных явлений обуславливает специфику горного аридного почвообразования. Основными почвообразовательными процессами в этих почвах являются гумусонакопление, оглинение и выщелачивание при ведущей роли гумусо-аккумулятивного процесса. Гумусонакопление – наиболее выражено в темных сероземах, в горных коричневых карбонатных почвах, оглинение – в горных коричневых типичных, выщелачивание – в горных коричневых выщелоченных. Морфогенетические показатели почв теневых склонов (северных) наиболее четко и полно отражают генезис и свойства почв, чем солнечных (южных) склонов. Специфичность почвенно-экологических условий исследуемой территории, наличие хорошо выраженной вертикально-поясной смены почвенного покрова, обусловили разную микробиологическую активность почв. Численность изученных групп микроорганизмов закономерно нарастает в генетическом ряду почв от типичных сероземов к темным, горно-коричневым карбонатным и достигает максимума в горно-коричневых типичных и горно-коричневых слабывщелоченных почвах, которые характеризуются благоприятным питательным режимом и реакцией среды, лучшей структурой, лучшей аэрацией. Почвы исследуемой территории

под влиянием эрозии отличаются по активности развития различных физиологических групп микроорганизмов. В этих почвах почвообразовательный процесс протекает, главным образом, в аэробных условиях, при этом ведущее место принадлежит аммонификаторам, актиномицетам и грибам. В ценозе бедно представлены нитрифицирующие, маслянокислые бактерии и целлюлозоразлагающие микроорганизмы. По активности гидролитических ферментов (уреаза, фосфатаза, протеаза и инвертаза) и окислительно-восстановительных (каталаза и дегидрогеназа) почв эту зависимость можно расположить в следующий возрастающий ряд: типичный серозем на красноцветных отложениях неогена – типичный серозем на лессах – темный серозем – горные коричневые карбонатные почвы – горные коричневые типичные почвы – горные коричневые выщелоченные почвы, а с учетом эродированности в следующий убывающий ряд: намытые – несмытые – смытые, почвы северных экспозиций – почвы южных экспозиций. Согласно шкалы Звягинцева (1978), типичные сероземы на третичных отложениях по степени обогащенности уреазой, каталазой, фосфатазой, дегидрогеназой и инвертазой-бедные. Типичные сероземы на лессах по степени обогащенности уреазой, каталазой-бедные, фосфатазой, дегидрогеназой и инвертазой-средние. Темные сероземы по степени обогащенности уреазой и каталазой-бедные, фосфатазой, дегидрогеназой и инвертазой-средние. Горные коричневые карбонатные, горные коричневые типичные и горные коричневые выщелоченные почвы по степени обогащенности уреазой, каталазой и инвертазой-средние, фосфатазой и дегидрогеназой-богатые. Ферментативная активность почв меняется в соответствии со степенью эродированности и экспозиции склона, с сезонной динамикой с весенними и осенними максимумами. Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы (как известно они показывают «условный коэффициент гумификации») варьирует во всех исследованных почвах в условиях вертикальной зональности в зависимости от степени эродированности и экспозиции склона в пределах 0,7–1,3. Интенсивность «дыхания» почвы растёт от сероземов к горно – коричневым почвам, от почв южных экспозиций к северным, от смытых к несмытым и намытым почвам. Проведение комплексно – системных исследований в малоизученных горных и предгорных почвах позволило глубже раскрыть эколого-генетические связи биологической активности почв и функциональные значения ее в почвенных процессах. По изменению биологической активности можно судить об изменении ее уровня плодородия, что может быть использовано в перспективе для широкого использования при мониторинге и биоиндикации почв.

**ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НИТРИФИКАТОРОВ
В СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ
В УСЛОВИЯХ СПК КОЛХОЗА «МОСКОВСКИЙ»
ИЗОБИЛЬНЕНСКОГО РАЙОНА**

Никифорова А.М.¹, Фаизова В.И.²

¹ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, nikiforova2013@mail.ru,

²ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, verafaizova@gmail.com.

Нарушение почвенных биоценозов обуславливается антропогенным воздействием. Синтетические химические соединения, не разлагаемые микроорганизмами, накапливаются в почве, что приводит к «заболеванию» почвы как целостного организма. Основным признаком заболевания служит снижение плодородия почвы и нарушение целостности и функционирования комплекса почвенных микроорганизмов. Одновременно ухудшается структура почвы, в образовании которой большую роль играют микроорганизмы и гумусовое состояние почвы.

Нитрификаторы играют важную роль в почвенном плодородии, поставляя растениям необходимый для питания нитратный азот. Количество нитратного азота в почве во многом определяется биопродуктивность естественных фитоценозов, а также урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Естественные экосистемы, в отличие от агроэкосистем, характеризуются упорядоченностью биогеохимических связей, в которых прирост, опад, минерализация органического вещества и трансформация минеральной части является звеньями одной цепи. Вся наземная биомасса агроценоза отчуждается, вместе с ней отчуждается и полный набор элементов питания растений. При антропогенных воздействиях наиболее показательным и быстрым изменением подвергается биологический пул почв.

Оценка микробиологического состава и свойств почв близка к оценке уровня плодородия. Таким образом, по изменению микробиологических характеристик почвы можно судить об изменении почвенного плодородия. Это дает возможность использовать проведение микробиологических исследований при мониторинге почвы, в том числе при изучении влияния антропогенных воздействий. На основании чего можно предположить направленность почвообразовательного процесса на целине и пашне. Целью проведенных исследований являлось изучение из-

менений численности нитрификаторов в почвах СПК колхоза «Московский» Ставропольского края при вовлечении их в сельскохозяйственное производство.

Целинный травостой представлен разнотравно-злаковой ассоциацией. В годы исследований участки пашни засеивались озимой пшеницей.

Полевые и лабораторные исследования проводились в сезонной динамике по основным фазам вегетации озимой пшеницы (всходы, весеннее кушение, выход в трубку, цветение, молочно-восковая спелость, после уборки культуры). На целине исследования проводились в те же сроки, что и на пашне.

Отбор почвенных образцов для анализа из зоны ризосферы производили в одно и то же время суток.

Для выявления бактерий различных фаз нитрификации и определения относительной плотности населения их в почве используют метод С.Н. Виноградского.

Проведенные исследования показали, что на целине в фазу всходов и весеннего кушения значительных колебаний не наблюдалось, количество микроорганизмов составило соответственно 5,5 и 6,0 млн КОЕ/ 1г почвы. Количество нитрифицирующих бактерий в фазу выхода в трубку возросло в 2 раза. Наибольшее их количество наблюдалось в фазу молочно-восковой спелости 17,2 млн КОЕ/ 1г почвы.

На пашне меньше всего микроорганизмов отмечалось в осенний период (4,5 и 3,2 млн КОЕ/1 г почвы). В фазу выхода в трубку количество нитрифицирующих бактерий возрастает в 5,5 раза.

В фазу цветения и молочно-восковой спелости количество нитрификаторов резко увеличивается и достигает максимального значения: 26,7 и 41,4 млн КОЕ/1 г почвы.

В послеуборочный период происходит снижение количества микроорганизмов в 1,5–3,5 раза.

Таким образом, на численность нитрификаторов влияет фаза развития культуры, а так же условия ее произрастания.

ВЛИЯНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ ИЗ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ПОЧВЫ

Орлова О.В.

*ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург-Пушкин,
e-mail falenki@hotmail.com*

Снижение в России плодородия почв связано со значительным дефицитом внесения органических удобрений. Однако, при этом накапливаются многотоннажные органические отходы, в том числе в птицеводстве, которые представляют экологическую опасность, как для нас, так и для последующих поколений. Одна из причин этого парадокса – экономическая невыгодность использования этих отходов как в нативном виде, так и в виде компостов в качестве удобрений. Решением проблемы может стать широкое применение биоудобрений, получаемых на основе микробиологической переработки подстилочного куриного помета.

Биоудобрения отличаются от традиционных органических удобрений (навоз, компост) по механизму действия в почве, более низкими дозами применения (от 1 до 6 тонны на га) благодаря высокой концентрации в них азота и более низкой влажности, наличию специально отобранных высокоэффективных микроорганизмов.

В полевых и вегетационных опытах проведены исследования влияния биоудобрения из птичьего помета на состав микробного сообщества почвы и активность агрономически значимых процессов в почве.

Для биоудобрений из подстилочного помета характерно высокое содержание подвижных органических веществ и узкое 7-10:1 соотношение С:N. Поэтому внесение биоудобрений более благоприятно для развития бактерий, по сравнению с грибами. В вегетационных опытах с томатами и люцерной показано, что действительно, при внесении биоудобрений изменяется соотношение биомассы грибов и бактерий (метод субстрат индуцированного дыхания): доля грибов от суммарной биомассы снижается на 28–63%. Снижение доли грибной биомассы с 41–43% при внесении компостов (вермикомпост и компост из бытовых отходов) до 15–18% при внесении биоудобрения выявлено и в вегетационном опыте с райграсом.

Известно, что в почвах значительная часть микроорганизмов находится в пассивном состоянии. Биоудобрения увеличивают биомассу активных микроорганизмов в почве. При их внесении процент активной биомассы составляет от 67 до 84%, тогда как при внесении компостов – не более 25%.

Увеличение активной биомассы приводит и к росту «работы», выполняемой микроорганизмами за сезон, последнюю можно характеризовать величиной потоков элементов через микробную биомассу за сезон. В полевых опытах показана более тесная связь интегральных показателей активности микробного ценоза почвы с урожаем (коэффициент корреляции г с активной биомассой 0,794, с потоком азота 0,659), чем общего количества азота и гумуса (г соответственно 0,024 и 0,082).

Повышенная биологическая активность, и высокий урожай при внесении биоудобрения не приводят к снижению содержания гумуса в почве. При внесении биоудобрений происходит увеличение содержания новообразованных гумусовых соединений. Наличие более доступного новообразованного гумуса может служить буфером и сохранять основной гумус почвы.

Таким образом, внесением биоудобрений можно регулировать активность и состав микробного ценоза в почве, что обеспечивает получение высоких урожаев при сохранении плодородия почв.

Работа поддержана грантом Минобрнауки РФ (ГК № 16.М04.11.0013 от 29.04.2011)

УДК 631.46

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА (В ПРЕДЕЛАХ КУРА-АРАКСИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ)

Оруджева Н.И., Бабаев М.П.

*Институт Почвоведения и Агрохимии НАН Азербайджана, Баку,
naila.56@mail.ru*

Биологические свойства почв являются важнейшими показателями почвенного плодородия. Для решения важнейших проблем овощеводства, в частности плодородия, производительности овощепригодных почв нужно глубоко знать все факторы, действующие в почве, их взаимосвязь между собой и с факторами внешней среды. Комплексно изучая все факторы можно направленно влиять на них с целью повышения производительности почв и урожайности возделываемых культур. В решении этой проблемы важное место занимает биохимические и микробиологические исследования почв.

Объектом исследований является лугово-сероземные почвы сухих субтропиков (in WRB - Iragric calsisols). В морфологическом строении лугово-сероземных орошаемых почв часто встречаются признаки засоления и оглеения. Пахотный горизонт содержит 1,3–2,8% гумуса с законо-

мерным увеличением от новоорошаемых слабокультуренных к оазисно-орошаемым высококультуренным. В слабокультуренных вариантах, с глубины 30–40 см увеличивается содержание обменного натрия, что на фоне усиленной щелочности способствует солонцеватости этих почв. Изучение влияния севооборотов и бессменного возделывания отдельных сельскохозяйственных культур на биологическую активность было проведено в орошаемых лугово-сероземных почвах, в 4-польном овоще-кормовом севообороте (1.люцерна первого года пользования; 2.люцерна второго года пользования; 3.огурцы; 4.томат). Биологическую активность ферментов, количество выделения углекислого газа из почвы, интенсивность разложения целлюлозы, интенсивность процесса нитрификации, аммонификации, количество микроорганизмов определяли по общепринятой методике, полученные данные подвергались статистической обработке.

По изменению биологической активности почв можно судить об изменении ее плодородия. На основе биодиагностики определен интегральный показатель биологического состояния (ИПБСП) лугово-сероземных почв сухих субтропических в севообороте и при бессменном выращивании этих культур. В лугово-сероземах этот показатель в 4-польном севообороте изменялся в пределах 86–100%, а при бессменном выращивании этих культур – 67–77%. В севообороте под помидорами и огурцами этот показатель был выше 47% –53% по сравнению с бессменными вариантами.

В зависимости от использования почв, для определения изменения направления разных биологических показателей, была на основе комплекс биологических показателей определен интегральный показатель биологического состояния почв. Интегральный показатель орошаемых лугово-сероземных почв в севообороте был 100%, в целинных почвах этот показатель был на 15%, а при бессменном выращивании – на 35% ниже. Полученные данные показали, что использование лугово-сероземных почв в севообороте, применение орошения и соответствующей агротехники, по сравнению целинными вариантами, создает более благоприятное почвенно-экологическое условие, что способствует повышению биологической активности и численности микроорганизмов. Авторы предлагают для биологической оценки почв пяти бальную шкалу. Интегральный показатель лугово-сероземных почв, используемые в севообороте и целинные, колебался в интервале 85–100%, поэтому они относились почвам очень высокой биологической активностью. При бессменном выращивании овощных культур этот показа-

тель колебался в пределах 60–70%, а они относились почвам высокой и средней биологической активностью. Результаты анализов показали, что используя научно-обоснованные севообороты можно регулировать почвенные параметры. По биологической оценке лугово-сероземных почв видно, что в субтропических зонах при орошении можно сохранить плодородия почвы, а также повысить его.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-2010-1(1)-40/20-M-26.

УДК 631.46

АНАЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Поздняков Л.А., Степанов А.Л.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, APL-223@mail.ru

Процесс анаэробного окисления метана был открыт около 30 лет назад в донных морских отложениях и с тех пор изучался в основном на примере водных местообитаний. Анаэробные метанотрофы пока не выделены в чистые культуры, и их биохимия до конца не изучена. Убедительно показано, что для окисления метана ими используется функционирующий в обратном направлении путь метаногенеза, а в качестве окислителей могут выступать сульфаты, нитраты и нитриты. Продемонстрировано широкое распространение процесса в природе: он описан в пресных озёрах, грунтовых водах, в почвах рисовников и в торфяных болотных почвах.

Целью нашей работы была оценка возможности анаэробного окисления метана в незатопленных почвах, где при общем господстве окислительных условий может устанавливаться локальный или временных анаэробноз. Объектом исследований выступили осушенные торфяные почвы Яхромской поймы (Дмитровский район Московской области). Методами газовой хроматографии и с использованием радиоизотопной метки измерялся отклик поглощения метана на внесение в почву акцептора электрона (KNO_3 и Na_2SO_4). Все исследования проводились в атмосфере аргона и в присутствии ацетилена – ингибитора метанмонооксигеназы, что исключало протекание окисления метана по аэробному пути.

Добавление нитратов и сульфатов приводило к увеличению поглощения метана по сравнению с контролем. Так, в нераспаханной почве под естественной лесной растительностью поглощение метана в кон-

троле составляло 22,0 наномоль/грамм почвы в сутки, а при добавлении нитратов 24,8 нмоль/г в сутки. С помощью радиоизотопного метода установлено, что включение изотопа ^{14}C в микробную биомассу значимо не меняется от добавления акцепторов электрона, и при пересчете на поглощенный метан дает величины 0,2–0,4 нмоль/г в сутки. Окисление метана до CO_2 в контроле составляет 0,45±0,02, при добавлении нитратов 3,1±0,9; а в варианте с сульфатами 2,8±0,4 нмоль/г в сутки. Это сопоставимо с величиной прироста общего поглощения метана почвой. Таким образом, эффект внесения акцепторов электрона заключается именно в стимулировании окисления метана. Это косвенно подтверждается тем, что восстановленные соединения азота (NH_4Cl) не вызывают увеличения поглощения метана.

В целом для почв Яхромской поймы поглощение метана в контроле принимало значения от 6,8 до 35,7 нмоль/г сут (в среднем 18,7 нмоль/г сут), отклик на внесение нитратов составил от 0,3 до 8,6 нмоль/г сут (в среднем 3,8 нмоль/г сут). Прирост поглощения метана составлял относительно контроля от 2,3 до 65,7% (в среднем 26%). Эти величины в осушенных торфяных почвах оказались на несколько порядков меньше, чем данные, полученные по близкой методике для затопленных почв рисовников и неосушенных торфяных почв. Однако показатели анаэробного окисления метана на порядок выше измеренной скорости метаногенеза.

Обнаружено, что наибольших величин показатели анаэробного окисления метана достигают в центральной пойме, при этом максимум прироста поглощения метана совпадает с минимумом его эмиссии. Метаногенез и анаэробное окисление метана могут быть сопряжены в гетерогенной почвенной среде не только *in vitro*, но и *in situ*. Измеряя скорость образования метана, мы можем на самом деле определять равнодействующую скоростей метаногенеза и анаэробного окисления новообразованного метана. Анаэробные метанотрофы перехватывают биогенный метан на самых ранних этапах его диффузии в атмосферу, и если, судя по интенсивности процессов, окисляется большая часть метана, то именно варьирование скоростей анаэробного окисления может оказывать определяющее влияние на выделение этого парникового газа из анаэробных зон почвы.

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Полякова Н.В., Платонычева Ю.Н., Володина Е.Н., Нарчев М.А.

ФГБОУ НГСХА, Нижний Новгород, root @ agri. sci-nnov. ru.

Исследования проводились на типичных для лесостепной зоны серых лесных почвах, занимающих наибольшую площадь в структуре пахотного фонда Нижегородской области. В качестве объектов были выбраны слабо- и сильноокультуренные варианты пахотных почв, существенно отличающиеся по насыщенности органическими и минеральными удобрениями. В качестве биологических параметров были рассмотрены: нитрифицирующая и целлюлозоразлагающая способность, каталазная активность и численность основных физиологических групп микроорганизмов.

Исследования показали, что окультуривание оказывает существенное влияние на биологические свойства почв. Значения нитрифицирующей способности в сильноокультуренных вариантах всех подтипов серых лесных почв увеличились в 1,2–1,4 раза за счет дополнительного поступления азота с повышенными дозами органических удобрений. Каталаязная активность при этом снизилась в 1,3–1,6 раза за счет ингибирования этого фермента анионами минеральных удобрений. Минимальные значения каталазной активности выявлены в светло-серой лесной почве, максимальные – в серой лесной (0,9 и 4,5 мг/кг соответственно). По результатам корреляционного анализа установлено, что нитрифицирующая способность находится в тесной связи с содержанием гумуса ($r=0,71-0,90$) и легкоразлагаемым органическим веществом (ЛОВ) ($r = 0,55-0,75$) во всех подтипах серых лесных почв. Зависимость ферментативной активности с органическим веществом выражена слабее и носит обратный характер; $r=-0,76 - -0,87$ с содержанием гумуса и $r=-0,40 - -0,91$ с ЛОВ. Наиболее высокие значения целлюлозоразлагающей способности отмечены в почвах сильноокультуренной пашни, обогащенной свежим органическим веществом, являющимся питательным субстратом для микроорганизмов.

Величина численности микроорганизмов является важным показателем, определяющим интенсивность круговорота веществ в экосистеме, отражая направление почвообразовательных процессов. Максимально обогащены бактериями-аминогетеротрофами (синтезируемые на МПА) и аминокавотрофами (на КАА) темно-серые лесные почвы, их численность составляет здесь 33,4 и 32,1 млн в 1 г. сухой почвы. В серых лесных почвах количество бакте-

рий более чем в 2 раза ниже (15,3 и 13,9 млн), а в светло-серых лесных в 12 раз ниже (2,6 и 2,7 млн соответственно) по сравнению с темно-серыми лесными почвами. Количество бактериальной микрофлоры находится в довольно тесной зависимости от содержания гумуса ($r=0,57-0,83$) и средне коррелирует с ЛОВ ($r=0,53-0,88$). Наибольшая биогенность в отношении микромицетов характерна для слабокультуренных почв с низким уровнем агро-техники, их численность снижается в ряду: светло-серые (1,18 тыс.) → серые лесные (0,19 тыс.) → темно-серые лесные (0,06 тыс. в 1 г. почвы).

Максимальная интенсивность процессов минерализации (по коэффициенту минерализации и иммобилизации КАА/МПА) выявлена в слабокультуренных светло-серых и серых лесных почвах (1,21–1,28 ед.), минимальная – в сильнокультуренных серых и темно-серых лесных почвах (0,81 и 0,96 ед. соответственно), что свидетельствует о взаимосвязи микробиологической активности с содержанием гумуса (1,9–2,4 против 3,1–6,7%). Таким образом, окультуривание почв сопровождается изменением направления биологических процессов и увеличением доли бактерий в структуре микробного сообщества. Наиболее тесно со степенью окультуренности коррелирует нитрифицирующая способность ($r=0,84-0,87$) и численность бактерий-гетеротрофов ($r=0,50-0,87$).

УДК 631.46-576.

РАЗМЕРЫ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ

Полянская Л.М., Городничев Р.Б.

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва,
lpolyanskaya@mail.ru*

В последние годы XX столетия особое внимание было обращено на мельчайшие формы жизни на нашей планете – бактерии, имеющие размеры, измеряемые нанометрами. Есть сведения, что теоретически минимальный диаметр для живой клетки может быть около 0.14 мкм. Причем для компактного размещения всех необходимых для клетки компонентов нужна сферическая форма. По мнению некоторых ученых для саморепликации и основного метаболизма клеток нужно приблизительно 250 генов. Это половина. Однако, во многих образцах из озер, рек, почвы, снега и дождевой воды с помощью эпифлюоресцентного микроскопа было обнаружено, что 0.2 мкм – наименьший диаметр бактериальной клетки самого маленького известного в настоящее время бактериального генома. Однако большинство полученных данных касаются констатации наличия клеток ультрабакте-

рий, или нанобактерий – карликовых (миниатюрных) форм бактерий, но нет данных по численности разных по размеру бактерий в почве.

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы методом каскадной фильтрации проанализировать размеры клеток бактерий разных почв, определить общую численность бактерий и оценить их реальную биомассу. Сравнить размеры почвенных бактерий с размерами клеток бактерий чистых культур.

Объектом исследования послужили образцы чернозема типичного, находящегося под целинной растительностью (Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени Алехина, Курская область). Почва характеризуется высоким содержанием углерода (3.96%, слой 10–20 см горизонта А), в составе обменных катионов содержатся кальций и магний (17.6% СаО и 3.2% MgO). Почва имеет значения рН, 7–7.5.

Горно-луговая субальпийская почва была отобрана в Кавказском государственном заповеднике. Растительность субальпийская разнотравная сильно сбитая. Поверхность почвы сильно уплотнена в результате рекреационной нагрузки и выпаса скота. От соляной кислоты вскипают только обломки известняка, мелкозем не вскипает. Анализировали гумусовые горизонты этих почв.

Изучена численность бактерий в черноземе и горно-луговой почве традиционным методом, которая составила в черноземе 1.5, а в горно-луговой - 2 млрдкл/г почвы. С помощью метода «каскадной» фильтрации общая численность бактерий в этих почвах, полученная на фильтрах при фильтрации разного объема почвенной суспензии, была в 1.5–5 раз выше, чем полученная традиционным методом. В структуре биомассы бактерий в обеих почвах на 80–90% доминировала биомасса бактерий с диаметром клеток 0.38–0.43 мкм. В черноземе биомасса клеток с диаметром 0.17 мкм составила чуть больше 1%, в горно-луговой процент биомассы клеток с диаметром 0.17 мкм возрос до 5%. Рассчитаны средний объем и диаметр бактерий в изученных почвах. В черноземе средний объем бактериальных клеток равнялся 0.021 мкм³, а диаметр клеток был равен 0.34 мкм. В горно-луговой почве эти показатели были ниже – 0.016 мкм³ и 0.31 мкм. Биомасса бактериальных клеток, которая обычно вычисляется на основе объема клетки 0.1 мкм³, завышена примерно в 5 раз. Процент реальной биомассы почвенных бактерий существенно ниже традиционно рассчитанной.

Изучение размеров клеток бактерий чистых культур показало, что, они, как и клетки почвенных бактерий, резко различаются, среди них есть крупные клетки с диаметром 1.85 и 0.43 мкм, есть и, не мало, мелких клеток с диаметром 0.23 и 0.17 мкм.

ВЛИЯНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ МИКРОФЛОРЫ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

Пономарева Л.В., Панова Г.Г., Цветкова Н.П., Кудрявцев Д.В., Хомяков Ю.В.

*Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург,
plv@nm.ru*

Микроорганизмы, представленные бактериями, актиномицетами, дрожжами, грибами, водорослями, производят в почве колоссальную биохимическую работу по трансформации минеральных и органических соединений, поступающих в почву в виде растительных и животных остатков. Однако известно, что биологическая активность различных почв разная и для кислых дерново-подзолистых почв этот показатель, как правило, существенно ниже по сравнению, например, с нейтральными почвами, что обусловлено, в частности, повышенным содержанием алюминия.

Целенаправленное использование в земледелии агрономически полезных микроорганизмов – это один из способов увеличения биологической активности почв, управления состоянием растений и повышения их урожаев. Нами установлено, что бактеризация посевных семян алюмотолерантными микроорганизмами обеспечивает 20%-ное повышение урожая ячменя и существенную экономию химических мелиорантов при выращивании растений на кислой почве. При этом наблюдалось изменение ферментативной активности почвы в зоне деятельности корней: каталазная активность снижалась, инвертазная и протеазная активность увеличивалась. Отмечалось нарастание в почве содержания фермента протеазы с появлением третьего листа и до фазы трубкования растений, затем происходило плавное снижение протеазной активности. Аналогичную картину отмечали при мониторинге инвертазной активности почв. Уреазная активность почвы практически не зависела от использования микроорганизмов и в существенной степени определялась физиологическим состоянием растений в различные фазы развития.

Таким образом, бактеризация семян алюмотолерантными микроорганизмами оказывала существенное влияние на биологическую активность почв в прикорневой зоне и улучшала условия жизнедеятельности растений, что положительным образом отражалось на урожайности посевов.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗАЛЕЖЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ

Прудникова М.А.

ЮФУ, Ростов-на-Дону, margarita_prudnikova@mail.ru

Ежегодно из севооборота выводятся сельскохозяйственные земли в связи с интенсивным ведением хозяйственной деятельности, нарушением агротехники, влияния экономических факторов и целого ряда других причин. В связи с этим особую актуальность приобретает решение вопросов, связанных с перспективами использования залежей и оценки интенсивности процессов их восстановления.

Целью работы являлось изучение изменений биологических свойств залежей в зависимости от их возраста. Была изучена активность почвенных ферментов чернозема обыкновенного памятника природы «Степь Приазовская», Мясниковский район, Ростовская область, который представляет собой серию залежей, оставленных без обработки в разные годы (в 30-х гг., в 1986 г., 1996 г., 2002 г.). Каждую отдельную залежь можно принять как определённый этап сукцессии. Кроме этого рядом находится участок пашни, от которого и выводились из сельскохозяйственного производства земли.

Наибольшее различие в содержании количества органического вещества наблюдается в верхних горизонтах. В почвах залежи 1930 годов содержание гумуса в 2 раза больше по сравнению с другими образцами, исключение составляет только залежь 1986 г, которая по содержания гумуса приближается к залежи 1930 года. Эти различия сохраняются до глубины 30 см, т. е. в горизонте подвергающемся непосредственному воздействию при сельскохозяйственном использовании, ниже отличия незначительные.

Наши исследования показали, что активность инвертазы и дегидрогеназы максимальна в черноземе залежи 30х годов. Причем эти отличия максимальны в верхних горизонтах. Активность инвертазы в залежном черноземе 1930 г., превышает на 6% таковую в почве залежи 1986 г., на 30% залежи 1996 г., на 33% залежи 2002 г. и на 38% в пахотном варианте. Активность дегидрогеназы в черноземе залежи 1930 года превышает на 30–42% таковую в почве остальных залежей и на 58% в пахотном варианте.

Профильное распределение активности дегидрогеназы отличается неоднозначностью, то повышаясь, то понижаясь в различных частях профиля. Распределение активности инвертазы по профилю чернозема залежных участков 1930 и 1986 годов отличается более резким снижением в верхних горизонтах по сравнению с залежами 1996, 2002 годов и пахотно-

го варианта. В пахотном варианте чернозема обыкновенного изменения показателей в поверхностных горизонтах более плавное, чем на залежах. Это объясняется выравниваемостью условий в пахотном горизонте.

Отмечены незначительные отличия каталазной активности исследуемых почв. На глубине 30 см происходит её увеличение в черноземе залежи 1986 года.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что оставление старопахотной черноземной почвы в залежь сопровождается восстановлением ферментативной активности и увеличением содержания органического вещества почвы, но для этого требуется длительное время. Залежь 1986 года по содержанию гумуса и активности инвертазы приближается к залежи 1930 года. Для диагностики восстановления ферментативной активности почв лучше использовать активность инвертазы и дегидрогеназы, поскольку они более чувствительны к сельскохозяйственному воздействию, нежели активность каталазы.

УДК 581.5

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЕ ПУЛА ЛЕГКОДОСТУПНЫХ ФОРМ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Раджабова П.А.

*Северо-Кавказский филиал Российской правовой академии Минюста России,
Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Махачкала,
w_66@mail.ru*

Большая часть почвенной минеральной массы инертна и подвержена очень медленным процессам превращения, которые измеряются годами. Незначительная, по отношению к общей массе почвы, часть минеральных соединений подвержена более быстрым изменениям, тесно связанным с процессами синтеза и разложения органического вещества. Это растворение минеральных компонентов, вовлечение элементов в биологический круговорот почва–микроорганизмы–растения, разложение органических остатков с высвобождением минеральных компонентов. Скорость протекания этих процессов может измеряться от нескольких часов до десятков лет. Исключительная роль микроорганизмов в процессах почвообразования и формирования плодородия почвы заключается в образовании и поддержании на определённом количественном уровне пула биологически доступных форм элементов минерального

питания. Эти процессы являются суммарным эффектом их жизнедеятельности, обеспечивающим процессы обмена вещества в экосистемах – быстрые и более длительные. Под быстрыми процессами обмена веществ подразумевается образование доступных для автотрофных организмов форм элементов минерального питания из труднорастворимых минеральных соединений и органических источников. Более длительные процессы обмена веществ в экосистеме, обеспечиваемые микроорганизмами – это процессы гумусообразования, формирование почвеннопоглощающего комплекса, образование вторичных минеральных соединений и другие элементарные почвенные процессы, приводящие в конечном итоге к формированию определенного типа почвы. Микроорганизмам отводят главенствующую роль в процессах разложения минералов не только на начальной стадии образования почвы из породы и начальных стадиях формирования наземных экосистем, когда минералы являются единственным источником элементов питания для растительных сообществ. В зрелых, сформировавшихся почвах количество жизненно важных элементов минерального питания, таких как калий, кальций, железо, марганец, фосфор, вовлеченного в биологический круговорот и, подверженного непосредственному влиянию биологических процессов, не превышает 10% от общего содержания в почвенной толще 0–50 см. и большое значение деятельности почвенных микроорганизмов заключается в том, что они обеспечивают постоянное пополнение этого фонда элементов питания, прежде всего, за счет минерализации органических остатков. С другой стороны, с формированием мощного биогенного горизонта, увеличиваются масштабы биологического воздействия на минеральную составляющую почвы, посредством обогащения промывных вод углекислым газом, органическими кислотами и хелатообразователями, за счет механического воздействия корневой системы растений. При соответствующих температурном и водном режимах под воздействием различных биологических процессов происходит полная трансформация исходных почвообразующих пород с формированием вторичных минеральных соединений. В экосистемах с большой скоростью круговорота зольных веществ значение процессов растворения минеральных соединений для обеспеченности растений элементами минерального питания отходит на второй план, но возрастает степень воздействия микробиологических процессов на нижележащие горизонты, за счет образования водорастворимых органических соединений, способных мигрировать с нисходящими почвенными растворами. В пахотных почвах и почвах техногенных ландшафтов вклад микроорганизмов

в обеспечение растений элементами питания за счет мобилизации труднорастворимых минеральных форм может быть достаточно весомым. Микроорганизмам отводится ключевая роль в процессах рекультивации нарушенных земель. В наших исследованиях были получены количественные показатели образования легкодоступных форм фосфора в карбонатных почвах под воздействием микробиологического разложения разных источников органического вещества. Процессы микробиологического разложения органического вещества контролировали переход труднорастворимых соединений фосфора в мобильные формы. Получены данные по динамике мобилизации фосфора в процессе микробиологической трансформации легкоразлагаемого и труднорастворимого органического вещества, разных доз разлагаемых органических соединений. Выявлена сопряженность процессов развития процессов, обусловленных жизнедеятельностью микроорганизмов и образованием водорастворимых форм фосфора.

УДК: 631.4

ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОСЕВОВ НА ПЛОДОРОДИЕ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Рамазанова Ф.М., Бабаев М.П.

*Институт Почвоведения и Агрохимии НАН Азербайджана, Баку,
firoza.ramazanova@rambler.ru*

В рациональном использовании плодородия орошаемых почв сухих субтропиков Азербайджана важная роль принадлежит промежуточным посевам. Длительное выращивание на этих почвах только пропашных культур приводит к быстрой минерализации органического вещества – деградации почв. Правильное сочетание культур в промежуточных посевах (озимый + поукосный – летний), позволяет регулировать процессы минерализации органического вещества, восстановить биологическую активность, плодородие почв.

Цель работы – восстановление биологической активности и плодородия деградированных орошаемых почв сухих субтропиков Азербайджана путем возделывания промежуточных посевов и изучение микробиологических и биохимических процессов почв.

Исследования проведены 2000–2011 гг. в Гянджа-Казахской (почва серо-коричневая), Ширванской (лугово-сероземная почва) и Апшеронской

(почва серо-бурая) зонах по схеме: 1. озимый посев – контроль (деградированная почва); рожь; рожь+вика+рапс; люцерна; эспарцет с внесением под вспашку 20 т/га навоза+P90K60 кг/га, а N120 кг/га дробно по фазам вегетации; 2. поукосный – летний посев – кукуруза; амарант; соя; кукуруза+соя; амарант+соя (N90 кг/га вносили дробно по фазам вегетации).

Установлено, что на протяжении всех лет наблюдений сохранялась единая закономерность изменения количественного и качественного состава микрофлоры, целлюлозолитической способности, дыхания и ферментативной активности всех трех типов почв, как по вариантам опыта, так и по фазам вегетации растений. Исследованиями выявлено, что различные культуры промежуточных посевов существенно влияют на количество, качество и активность микроорганизмов. Так, в серо-коричневой почве осенью и весной под люцерной, эспарцетом и травосмесью рожь+вика+рапс выявлено высокое содержание микроорганизмов. Летом под пропашными культурами (кукуруза+соя, амарант+соя), сеянных после уборки травосмеси, их оказалось в 2–3 раза больше, чем под люцерной и эспарцетом. Так в почве под кукуруза+соя обнаружено от 5 до 33 млн/г абсолютно сухой почвы нитрифицирующих бактерий; под многолетними травам (люцерна и эспарцет) их число не превышало 0.5–0.8 млн/г. Эти различия обусловлены различным влиянием корневых выделений возделываемых растений на микрофлору почвы. Аналогичную последовательность наблюдалось в лугово-сероземной и серо-бурой почвах, но эти показатели несколько ниже, чем в серо-коричневой почве.

Целлюлозолитическая способность под культурами озимого и поукосного-летнего посевов на всех трех типах почв протекало с неодинаковой напряженностью. Высокое разложение ее отмечалось в серо-коричневой почве под пропашными культурами – 49–64%. Под люцерной, эспарцетом и травосмесью клетчатка разрушалась на 17–25%. Интенсивность дыхания почвы во все сроки наблюдения была высокой под пропашными (кукуруза+соя, амарант+соя) культурами – в 1.5 раза превышало количество CO₂ чем под люцерной и эспарцетом.

Изучение активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов в ризосфере серо-коричневой, лугово-сероземной и серо-бурой почв показало, что культуры промежуточных посевов по-разному влияют на минерализацию органических соединений почвы. Более высокая активность инвертазы на всех трех типах почв характерна для варианта кукуруза+соя. Гидролиз органических соединений фосфора проходил на одном уровне под люцерной и эспарцетом разного возраста и под кукуруза+соя. Активизация фермента фосфатазы под кукуруза+соя связана с обо-

гашением почвы корневыми остатками, оставленного после уборки озимого посева травосмеси, являющиеся основным источником фосфотаз почвы. Наименьшая фосфотазная активность отмечалась в почве под кукурузой чистого посева (7.8 мг фенолфталеинфосфата натрия на 10 г почвы). Наибольшая активность дегидрогеназы отмечена под люцерной и эспарцетом.

Содержание N,P,K в изученных типах почв колебалось в зависимости от выращиваемых культур. На всех трех типах почв повысилось содержание илистой фракции, физической глины, поглощенного Ca (78–81%) и гумуса на 16–32%.

Таким образом, регулируя продолжительность полевого периода промежуточных посевов, можно направленно изменять темпы минерализации органического вещества, повысить биологическую активность и плодородие почв.

УДК 631.427.2:631.423.6(470.56)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОФЛОРЫ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ПОКРОВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Сермягина А.А.¹, Мосина Л.В.¹, Филиппова А.В.²

¹*РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, barabashka-1988@mail.ru*

²*ОГАУ, Оренбург*

Плодородие почвы и ее «здоровье» теснейшим образом связаны с биологической активностью почвы, главной компонентой которой являются почвенные микроорганизмы. Нормальное функционирование почвенных микроорганизмов является основой для создания продуктивных и устойчивых агроэкосистем и получения качественной сельскохозяйственной и животноводческой продукции. Для решения этих вопросов необходимо использование приемов, поиск путей, направленных на оптимизацию микробиологических процессов в почве. Одним из таких приемов может быть озонирование почвы. Между тем, изученность этого вопроса крайне слабая. Поэтому нами были проведены исследования по влиянию приема озонирования на микрофлору чернозема обыкновенного Оренбургской области под покровом гороха посевного (*Pisum sativum*) и перца сладкого (*Capsicum annuum*). Численность аммонифицирующих микроорганизмов как первичных деструкторов органического вещества под воздействием прибора «электроразрядный удобритель» неоднозначна, особенно четко влияние озонирования выражено под культурой гороха по-

севного. Содержание микроорганизмов на мясо-пептонном агаре (МПА) возрастает примерно в 1,5 раза (от 42 тыс. до 63 тыс. КОЕ в 1г почвы). Эффективность под культурой перца не отмечалась, соответственно число аммонификаторов от 64 тыс. до 66 тыс. КОЕ в 1г почвы. Положительный эффект озонирования отмечается при более глубокой деструкции на обоих изучаемых сельскохозяйственных культурах. Численность организмов, усваивающих минеральные формы азота (на крахмало-аммиачном агаре, КАА), под культурой гороха возрастает с 89 тыс. до 178 тыс. КОЕ в 1г почвы в опытном варианте и, соответственно, под культурой перца сладкого с 184 тыс. до 240 тыс. Число клеток спорообразующих бактерий увеличивается под влиянием озонирования с 15 тыс./г в контроле под культурой гороха до 56 тыс./г и с 2 тыс./г до 42 тыс./г на опыте под культурой перца сладкого. Реакция микроскопических грибов на прием озонирования неоднозначна. Практически отсутствует влияние его под посевом гороха (численность грибов в контрольном варианте и в варианте опыта соответственно 0,7 тыс. до 1,2 тыс.). Под покровом перца прием озонирования резко сокращает численность грибов, примерно в 10 раз (с 11,8 тыс. на контроле, до 1,2 тыс. в опыте).

УДК 631.47

НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ МИКРОБНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПОЧВАХ

**Степанов А.Л.¹, Кравченко И.К.², Кизилова А.Н.², Лебедева Е.В.²,
Черобаева А.С.¹, Поздняков Л.А.¹, Манучарова Н.А.¹**

¹Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, www.soil.msu.ru

²Институт микробиологии РАН имени С.Н.Виноградского, Москва, www.inmi.ru

Основным источником азотсодержащих парниковых микрокомпонентов атмосферы (NO_x, N₂O и др.) являются процессы микробной трансформации азота в почвах – денитрификация, автотрофная и гетеротрофная нитрификация, диссимилиационное восстановление нитратов в аммоний и другие процессы. К настоящему времени подробно изучено сопряжение процессов микробного окисления метана и аммония в почвах при внесении аммонийных соединений в качестве удобрений. Наряду с открытием и количественной оценкой анаэробного окисления метана в морских экосистемах, стало очевидным протекание этого процесса и в почвах, особенно при использовании минеральных азотных удобрений. Конечным продуктом анаэробного окисления метана в почвах является закись азота, что вызыва-

ет необходимость оценки вклада этого процесса в общий поток записи азота из почв в атмосферу. Методами молекулярной биологии в почвах открыты сообщества нитрифицирующих архей. По данным сравнительного количественного анализа архейных и бактериальных генов amoA из разных типов почв сделан вывод о том, что среди почвенных нитрификаторов первой фазы многочисленной группой являются аммонийоксиляющие археи, а их широкое распространение в почвах определяется наличием гибких механизмов адаптации – способность к миксотрофному и органотрофному росту. Однако до настоящего времени роль нитрифицирующих архей в процессах образования и поглощения парниковых газов в почвах не оценивалась. Существенное влияние на интенсивность образования и поглощения азотсодержащих парников газов оказывает сочетание разных экологических факторов и характер антропогенного воздействия на почвы (применение минеральных удобрений, степень увлажнения почв, структура почвенных агрегатов, процессы засоления и загрязнение почв тяжелыми металлами, радионуклидами и пестицидами). Под влиянием распространенных факторов хозяйственной деятельности человека и загрязнения почв наблюдается смещение динамического равновесия между процессами микробного образования и поглощения N-содержащих газов в почвах и, как следствие, возрастание потока из почв в атмосферу газообразных соединений азота, способных разрушать озоновый экран планеты и катализировать процессы трансформации атмосферных газов (метана и диоксида углерода) в верхних слоях атмосферы. Проведенные исследования дают новую информацию о природных источниках поступления азотсодержащих парниковых газов в атмосферу, которая может быть востребована при построении региональных и глобальных балансов парниковых газов, моделировании изменений природной среды и климата.

УДК 631.46

СТРУКТУРА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Стольников Е.В., Ананьева Н.Д.

*Учреждение Российской академии наук Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, stolnikat@rambler.ru*

Определение структуры (грибы / бактерии) микробной биомассы почв России проводят в основном методом прямого люминесцентного микрокопирования (ПМ). Показано значительное доминирование микроскопиче-

ских грибов (92–99%) в общей микробной биомассе. Метод ПМ отличается трудоемкостью, времязатратностью и утомителен для массовых анализов, кроме того он сопровождается высокой субъективностью наблюдателя (85–200%). В последние десятилетия в зарубежных лабораториях для определения структуры микробной биомассы почв широко используют метод селективного ингибирования (СИ) антибиотиками, однако в российских исследованиях он практически не применялся. Метод основан на подавлении субстрат-индуцированного дыхания (СИД) грибов или бактерий под действием антибиотиков (фунгицида и бактерицида). Сложность его применения заключается в необходимости предварительной оптимизации внесения антибиотиков для изучаемого типа почвы / почвенного слоя.

Был изучен широкий набор почв (подзол, дерново-подзолистая, серая, чернозем выщелоченный, карболитозем) с различными химическими свойствами (0–10 см, минеральный горизонт, $C_{орг}$ 0.55–12.28, pH 4.02–7.88, $n = 41$), локализованных в «северных» (Вологодская, Тверская, Владимирская, Костромская, Калужская, Московская) и «южных» (Пензенская, Воронежская, Волгоградская, Краснодарский край) областях. Диагностированы разные экосистемы: лес / лесополоса, пашня, залежь, луг, целина. В дерново-подзолистой (сосняки зеленомошный и бруснично-черничный, дубрава, ельник) и серой (осинник, лиственничник) почвах естественных экосистем были исследованы и нижележащие горизонты.

Предварительные эксперименты показали, что фунгицид (циклогексимид) обеспечивал наибольшее достоверное подавление СИД в концентрации 30–60 мг г⁻¹ почвы, а бактерицид (стрептомицин) – в интервале 0.25–60 мг г⁻¹. Выявлено, что при подборе ингибирующей концентрации стрептомицина необходимо учитывать химические (pH, $C_{орг}$) и микробиологические (содержание углерода микробной биомассы, $C_{мик}$) свойства почвы. Установлена также необходимость уменьшения концентрации бактерицида при совместном внесении антибиотиков.

В микробной биомассе почв выявлено преобладание грибного компонента (56–99%), в естественных экосистемах «северных» областей доля грибов составила 56–97% (среднее 71%, $n = 23$), а в «южных» – выше (71–99%, среднее 92%, $n = 8$). Пахотные почвы «северных» областей содержали 68–87% (среднее 73%, $n = 6$), а «южных» – 54–93% (среднее 80%, $n = 4$). Абсолютные значения содержания грибной биомассы естественных экосистем были в среднем в 3 раза выше, чем в пахотных (894 и 297 мкг $C_{мик}$ -грибы г⁻¹ соответственно).

Выявлено, что в нижележащих горизонтах хвойных лесов происходило увеличение доли грибов (в 1.3–1.5 раза) по сравнению с верхним, а в лист-

венных – снижение. В минеральном слое (0–10 см) почв хвойных лесов содержание грибной биомассы меньше, чем в таковом лиственных (498 и 1141 $C_{\text{мик-грибы}} \text{ г}^{-1}$ соответственно). Вниз по профилю хвойных и лиственных лесов содержание эукариотных микроорганизмов, выраженное в абсолютных величинах, убывало в 2–12 раз по сравнению с соответствующими вышележащими горизонтами (112 и 120 $C_{\text{мик-грибы}} \text{ г}^{-1}$ соответственно).

Таким образом, на широком наборе почвенных образцов оптимизирована процедура метода СИ, получены сведения о содержании грибного и бактериального компонентов в почвах с разными физико-химическими свойствами. В микробной биомассе изученных почв показано преобладание грибного компонента.

УДК 631.

БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ОТРАБОТАННЫМ МОТОРНЫМ МАСЛОМ

Стрижакова Е.Р., Васильева Г.К.

*УРАН Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН Обл., ers_2410@yahoo.com*

В связи с ростом уровня загрязнения почв вопрос разработки технологий их очистки становится весьма актуальным. Одним из важнейших загрязнителей почвы в современных условиях является отработанное моторное масло (ОММ). Наиболее перспективным методом очистки почвы от нефтепродуктов являются методы биоремедиации, основанные на активации аборигенной микрофлоры или инокулировании микроорганизмов-деструкторов. Однако в сильно загрязненных почвах этот процесс протекает замедленно, и его необходимо проводить с экскавированной почвой в специально отведенном месте, чтобы предотвратить миграцию токсичных углеводородов и их метаболитов в атмосферу и поверхностные или грунтовые воды.

Ранее нами было показано, что использование сорбентов существенно расширяет возможности биоремедиации для сильнозагрязненных почв и позволяет проводить очистку почвы прямо на загрязненном участке. Сорбенты и, в частности, активированный уголь, препятствуют миграции загрязнителей, снижают токсическое действие загрязнителей на микроорганизмы-деструкторы и растения-фиторемедиаторы, снижают отрицательное действие повышенных доз удобрений, необходимых для создания оптимального соотношения углерода и биофильных элементов.

Целью данной работы было разработать технологию сорбционно-биологической очистки почвы от ОММ. Для этого было изучено влияние разных доз 2-х сорбентов (отечественный гранулированный активированный уголь марки ГАУ ВСК и продукт переработки торфа сорбент Спилсорб производства Канады), а также биопрепаратов на основе микробной ассоциации углеводород-разлагающих микроорганизмов (родов *Rhodococcus* и *Pseudomonas*) или коммерческого препарата «Байкал» на скорость биоремедиации почвы, загрязненной 5% ОММ. Исследования проводились на серой лесной почве (среднесуглинистая, $S_{\text{орг}}$ 2%, pH 6,8), которую специально загрязняли ОММ. Через неделю начинали процесс очистки, для чего почву смешивали с разными дозами ГАУ или Спилсорба (2,5 или 5 вес. %) и вносили биопрепараты из расчета $6 \cdot 10^9$ кл/г или по инструкции к применению для препарата Байкала. Почву регулярно перемешивали, увлажняли и вносили минеральные удобрения. Суммарное содержание углеводородов нефти (УВН) в почве определялось с помощью ИК-спектрофотометрии. Фитотоксичность почвы определяли по всхожести семян клевера белого и биомассе выросших растений, интегральную биотоксичность – по смертности и плодовитости гидробионтов в почвенных вытяжках.

Установлено, что разложение ОММ в почве протекает постадийно, и в конце 1-го сезона остается трудно разлагаемый остаток, составляющий 30–35% от суммы углеводородов а в почве накапливаются токсичные окисленные продукты разложения (органические кислоты и их производные). К концу 2-го сезона содержание УВН снижается до 10–20% от исходного уровня, и лишь к концу 3-го сезона в наилучших образцах достигается уровень 6–9% УВН. Внесение биопрепарата ускоряет детоксикацию почвы не более, чем на 5%. Лишь в присутствии ГАУ концентрация доступных токсикантов заметно снижается вследствие их ускоренной биодеградации. ГАУ обеспечивает более благоприятные условия для роста клевера белого, посеянного в очищенную почву, в то время как в почве без ГАУ даже во 2-й сезон всхожесть семян клевера оставалась низкой, а растения были сильно угнетены. В результате проведение сорбционной биоремедиации с использованием ГАУ позволило снизить содержание УВН до уровня ниже ОДК, основанного на ПДК, принятых для очищаемых почв в ряде Европейских стран (0,3–0,5 абс.%). В отсутствие сорбента конечные концентрации УВН были вдвое выше, а почва проявляла заметную фито- и биотоксичность, тогда как в вариантах с ГАУ она полностью отсутствовала. Использование сорбента на основе торфа на первом этапе также оказывало некоторое положительное действие на свойства загрязненной ОММ почвы, однако на фоне повышенных доз минеральных удобрений наблюдалось сильное подкисление почв в присутствии Спилсорба, что тормозило процесс очистки.

**КОЛОНИЗАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ
И ВЗАИМООТНОШЕНИЯ *FUSARIUM CULMORUM*
И *PSEUDOMONAS FLUORESCENS* В ПОЧВАХ РАЗНОГО
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

Струнникова О.К., Вишневецкая Н.А., Феоктистова А.С.

*ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург,
e-mail olgastrunnikova@rambler.ru*

Fusarium culmorum W.G. Smith – почвообитающий фитопатогенный гриб, поражает растения из многих семейств, но особенно опасен на зерновых культурах не только вследствие снижения их урожая, но и загрязнения зерна микотоксинами. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas* являются активными агентами контроля болезней, вызываемых почвообитающими фитопатогенными грибами, в том числе и рода *Fusarium*. В то же время известно и непостоянство защитного эффекта интродуцированных в почву псевдомонад, которое обусловлено рядом причин, в том числе и воздействием почвенных факторов. Развитие фитопатогена и его антагониста и их взаимоотношения в почве и на корнях ячменя, а также интенсивность гнили, вызываемой *F. culmorum* и антагонистический потенциал *P. fluorescens* оценили в двух нестерильных почвах разного гранулометрического состава. Для идентификации *F. culmorum* в почвах и на корнях использовали метод флуоресцирующих антител. Для оценки колонизационной способности и развития *P. fluorescens* в обеих почвах использовали gus-меченный штамм. Взаимоотношения гриба и бактерии в почвах изучили с помощью метода мембранных фильтров.

Установлено существенное влияние почв на развитие и колонизационную способность как гриба так и бактерии, а также интенсивность гнили ячменя. Установлено также и влияние микроорганизмов друг на друга, которое было различным в разных почвах.

Условия легкосуглинистой почвы, в целом, оказались более благоприятными для развития фитопатогена, чем условия в среднем суглинке. Плотность мицелия в среднем суглинке было достоверно ниже, чем в легком и сохранялось таковой, благодаря активной литической деятельности аборигенных бактерий. В среднесуглинистой почве увеличивалась и продукция хламидоспор, что также свидетельствует о неблагоприятных для фитопатогена условиях. Сопоставление интенсивности развития *F. culmorum* в почвах с интенсивностью колонизации им корней показало, что, несмотря на меньшее количество мицелия *F. culmorum* в почве под

ячменем, его количество на поверхности корней в среднем суглинке в первые семь суток было больше, чем на корнях в легком суглинке. В последующие дни количество гриба на поверхности корней в обеих почвах было примерно одинаковым.

Для развития интродуцированного *gus*-меченного штамма *P. fluorescens* более благоприятными были условия среднесуглинистой почвы, по сравнению с легкосуглинистой, однако именно в легком суглинке *P. fluorescens* в более ранние сроки и в большем количестве заселял корни ячменя. *P. fluorescens* существенно подавлял рост мицелия и формирование макроконидий *F.culmorum* в обеих почвах, но на корнях ячменя только в среднесуглинистой. На корнях в легкосуглинистой почве фитопатоген был способен существенно снижать колонизационную способность бактериального штамма.

Интенсивность гнили ячменя в среднем суглинке, несмотря на созданный инфекционный фон, была незначительной, тогда как в легком суглинке достигала 60%. По полученным данным, среднесуглинистая почва, содержащая большее количество физической глины и имеющая более высокую микробиологическую активность, оказалась супрессивной к гнили, вызываемой *F. culmorum*. Биоконтрольный эффект *P. fluorescens gus* проявился в легкосуглинистой почве, в условиях, когда плотность штамма на поверхности корней ячменя была существенно снижена в присутствии *F.culmorum*. Влияние почв на интродуцированных фитопатогена и антагониста обусловлено, прежде всего, их биологической составляющей, которая прямо связана с количеством глинистых минералов.

УДК 579.26

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ МЕЛАНИНСОДЕРЖАЩИХ МИКРОМИЦЕТОВ И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ – ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОМОНИТОРИНГА ПОЧВ

Терехова В.А.^{1,2}, Федосеева Е.В.¹, Пацаева С.В.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова,

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва; vterekhova@gmail.com

Развитие представлений об особенностях структурно-функциональной организации сообществ микроскопических грибов в условиях техногенного загрязнения дают основания для включения микоиндикационных показателей в систему экомониторинга почв. В неблаго-

приятных условиях, вызванных повышением содержания тяжелых металлов, радионуклидов, нефтепродуктов в почве, наблюдается увеличение доли меланинсодержащих микромицетов. Меланины способствуют защите грибов от последствий облучения, действия тяжелых металлов, повышению устойчивости к микробным атакам и усилению вирулентности. В литературе обсуждается вопрос об участии грибных меланинов в синтезе гуминовых веществ (ГВ) почв, анализируются сходство между меланинами и ГВ, проявляющиеся в функционально-групповой композиции химических фрагментов, аналогии продуктов деградации. Известно, что в богатых гумусом почвах токсиканты снижают свою опасность для биоты. В связи с вышесказанным, можно предположить, что один из возможных механизмов повышения устойчивости почв к вредным воздействиям заключается в возрастании доли меланинсодержащих грибов, которые в свою очередь способствуют накоплению ГВ, обеспечивая известные протекторные функции. Для раскрытия этого механизма необходимы целенаправленные экспериментальные исследования взаимодействия меланинсодержащих микромицетов и гуминовых веществ. Задача данного исследования заключалась в изучении реакций пигментированных и апигментных микромицетов на гуминовые вещества. Анализовали накопление мицелия и особенности культуральной жидкости набора штаммов чистых культур грибов при добавлении в жидкую питательную среду Чапека промышленных гуматов. Показано, что грибы разной пигментации по-разному взаимодействуют с гуминовыми веществами, добавленными в среду роста. Скорость роста темнопигментированных штаммов (*Alternaria alternata* и *Phoma glomerata*) снижалась, а рост культуры с оранжево-коричневым мицелием стимулировался (*Mycelia sterilia*). В то же время, ростовые характеристики грибов с неокрашенным мицелием (*Fusarium moniliforme*) при добавлении ГВ не отличались от контроля (без ГВ). Интересные данные получены при исследовании трансформации промышленных гуминовых препаратов, искусственно добавленных в среду роста разных грибов.

Спектральный анализ среды роста окрашенных микромицетов (*A. alternata*, *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia*) в вариантах с добавлением ГВ показал отсутствие в спектрах поглощения пиков, характерных для контроля (среда роста без ГВ). Важно отметить, что при развитии меланизированного микромицета (*A. alternata*) в среде роста с гуматом после 14-сут. культивирования достоверно снизилась токсичность наблюдаемая в контроле. При развитии грибного мицелия в среде роста с

ГП наблюдали трансформацию спектров флуоресценции ГВ, что проявилось в их сходстве со спектрами флуоресценции природных ГВ (почвенных вытяжек и растворенного органического вещества (РОВ) природной воды). Изменения в спектрах флуоресценции культуральной жидкости свидетельствуют о процессах деструкции макромолекул ГВ, связанных с уменьшением размера макромолекул и увеличением их гетерогенности. Наблюдаемые в нашей работе особенности в реакции разнопигментированных микромицетов на ГВ в среде роста могут коррелировать с различиями в адаптационных возможностях микромицетов в биотопах с разным содержанием гумуса. Полученные данные, на наш взгляд, представляют определенный интерес и новые перспективы для сопряженного анализа динамики структуры и функциональных особенностей меланинсодержащих микромицетов при оценке устойчивости почв в условиях техногенного пресса.

Исследования выполняются при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», ГК 14.740.11.0796.

УДК 631.46

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕНДЗИН ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПОСЛЕ РУБКИ ЛЕСА

Тер-Мисакянц Т.А., Казеев К.Ш.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, kazeev@sfedu.ru

В результате рубки леса происходит нарушение естественного хода процессов эволюции почв, разрушение почвенного покрова, развитие водной и ветровой эрозии, уменьшение содержания гумуса. В ряде случаев при рубке леса создается неблагоприятная обстановка, которая способствует развитию процессов обесструктурирования, уплотнения, смыва, то есть к деградации горных почв.

Целью настоящего исследования было изучение влияния антропогенного воздействия (сведение леса) на ферментативную активность рендзин выщелоченных республики Адыгеи. Для изучения воздействия сведения леса на почвенный покров были выбраны следующие почвенные показатели: активность каталазы, дегидрогеназы и инвертазы; рН, температура, влажность, содержание гумуса.

Рубка леса под ЛЭП на исследуемом участке проводилась в августе 2010 года. Участок вырубки представляет собой выровненный участок верхней трети склона, расположенный в окрестностях Партизанской по-

ляны в республике Адыгея на высоте 1635 м. Участок полностью лишен растительности, поверхность почвы сильно нарушена тяжелой техникой. Встречаются довольно крупные камни известняка, древесные остатки в виде сучьев, веток, коры, пней и корней. В качестве контроля принят участок грабово-пихтово-букового леса, граничащего с вырубкой. Исследования проводились в августе и ноябре 2010 г., и июле 2001 г. На территории вырубки изучали несколько различающихся по степени деградации участков.

Вследствие рубки леса изменилась плотность почв, ее температурный и световой режимы, рН и кислотность. Значительное влияние рубка леса оказала на содержание в почве гумуса. Наибольшее количество гумуса отмечено в почве под лесом (14,4%). Из трех участков вырубки наибольшее содержание гумуса отмечено для первого наименее подвергнутого воздействию рубки леса участка. При сильном и очень сильном нарушении не обнаружено разницы в содержании гумуса в верхнем горизонте.

Что касается ферментативной активности, то на участке со слабым уровнем деградации активность всех исследуемых ферментов выше, чем под лесом. Это можно объяснить тем, что поверхность почвы практически не нарушена, из-за отсутствия деревьев почва лучше прогревается, что активизирует биологические процессы, проходящие в ней.

На второй точке вырубки, которая сходна с большей частью всей территории вырубки, наблюдается другая картина. Активность инвертазы ниже, чем под лесом, а каталазная и дегидрогеназная активности выше. Что касается третьего, самого подверженного деградации участка, то здесь отмечено снижение значений каталазы и инвертазы по сравнению с контрольным лесным участком. Дегидрогеназная активность здесь выше, чем под лесом.

В результате исследований установлено, что за первый год наблюдений не произошло существенных изменений в уровне биологической активности рендзин выщелоченных на вырубленном участке. За это время не успели проявиться эрозионные процессы, которые могут привести к полной деградации почвы. Те изменения, которые были отмечены, можно объяснить разницей гидротермических условий в исследуемый промежуток времени.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПОСЕЛЕНИЙ ЖИВОТНЫХ

Умаров М.М.¹, Костина Н.В.¹, Вечерский М.В.², Голиченков М.В.¹,
Кузнецова Т.А.², Манаева Е.С.²

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, tumarov@mail.ru;

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва,
vecherskomy@mail.ru.

Почвы, занятые поселениями (колониями) животных, занимают значительные площади и по своим свойствам заметно отличаются от зональных почв по морфологическим, физико-химическим и иным показателям, что наиболее отчетливо и ярко проявляется в повышенной биологической продуктивности на поселениях массовых по численности и длительно использующих одну территорию животных, в особенности «зеленоядных» грызунов и термитов-ксилофагов. Тем не менее, к настоящему времени имеются лишь отрывочные сведения о биологической активности таких почв, в особенности о напряженности процессов трансформации углерода и азота, хотя именно их доступность в основном определяет биологическую продуктивность и биологическое разнообразие таких территорий и влияет на эмиссию из почв важнейших биогенных («парниковых») микрогазов – CO₂, CH₄, N₂O. В течение 20 лет нами изучаются особенности микробиологической активности почв на поселениях численно доминирующих и длительно колонизирующих одну территорию животных – грызунов, термитов, муравьев и дождевых червей. Объектами исследования служили: полевки (*Microtus rossiaemeridionalis*, *M. arvalis*, *Clethrionomys glareolus*), песчанки (*Meriones tamariscinus*, *M. meridianus*, *M. crassus*, *Psammomys obesus*, *Gerbillus dasyurus*, *G. henleyi*), речной бобр (*Castor fiber*), термиты (*Neotermes castaneus*, *Zootermopsis angusticollis*, *Reticulitermes lucifugus*, *Anacanthotermes ahngerianus*), муравьи (*Lasius niger*, *L. flavus*), дождевые черви (*Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea rosea*, *A. caliginosa*, *L. terrestris*). Особенностью большинства этих животных (термиты, грызуны) является потребление низкобелковых целлюлозосодержащих кормов, вследствие чего у них выработался ряд адаптивных физиологических механизмов, компенсирующих недостаток азота в пище: реутилизация мочевины, поедание разлагающихся растительных волокон, богатых микробной биомассой, копрофагия. Дополнительным источником азота, позволяющим этим животным существовать на бедных азотом кормах, может служить микробная азотфиксация в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). В ЖКТ всех исследованных видов термитов и гры-

зунов была обнаружена активная азотфиксация, за счет которой они могут получать значительную часть (до 1/3) необходимого азота. При этом увеличивается поступление азота в почву, что, соответственно, отражается на свойствах населенных ими почв. В почвах измененных исследуемыми животными ландшафтов современными методами оценена «актуальная» интенсивность процессов азотфиксации, денитрификации, эмиссии углекислого газа и метана, изучен видовой и функциональный состав микробных сообществ. Накопленные к настоящему времени данные позволяют сделать общее заключение об отчетливо заметном влиянии грызунов, насекомых и дождевых червей на биологическую активность почв, в результате которого возрастают численность и таксономическое разнообразие микроорганизмов, а также изменяются функциональные возможности микробного сообщества. Важной особенностью почв поселений животных является значительно более высокая, по сравнению с фоновыми, активность процессов трансформации азота и углерода, что сопровождается накоплением азота и углерода в почве. Кроме того, деятельность животных оказывает опосредованное влияние и на биологическую активность почв прилегающих территорий, способствуя накоплению в них органического вещества.

УДК 631.445.4:631.461.(470.630)

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ СТАВРОПОЛЬЯ ПРИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Фаизова В.И.¹, Никифорова А.М.²

¹ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, verafaizova@gmail.com

²ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, nikiiforova2013@mail.ru

Антропогенное воздействие приводит к изменению морфологических, физико-химических свойств почв, влияет на направленность почвообразовательного процесса. При этом происходит разрушение структуры почвы, активизация процесса разрушения минеральной основы, истощение запасов гумуса и элементов питания.

Сравнительное изучение целинных и антропогеннопреобразованных почв требует учета не только морфологических, агрохимических и физико-химических характеристик, но и важнейших микробиологических показателей.

Задача данного исследования состоит в том, чтобы выявить различия микробного состояния черноземных почв целины и пашни на протяжении вегетационного периода.

Выбор таких объектов для исследования как целина и пашня неизбежно предполагает различия между ними по микробиологическим показателям, так как в результате сельскохозяйственного использования происходит смена естественной растительности ценоза целины на агроценоз пашни. Однако, на разных подтипах черноземов эти различия не одинаково выражены, о чем свидетельствуют проведенные исследования.

В предложенной работе нами был проведен анализ сравнения численности основных физиологических групп микроорганизмов черноземов южных, обыкновенных, выщелоченных и солонцеватых целинных и пахотных угодий.

Целинный травостой представлен разнотравно-злаковой ассоциацией. Участки пашни засеивались во все годы исследований озимой пшеницей.

Основной комплекс полевых и лабораторных исследований проводился в сезонной динамике по основным фазам вегетации озимой пшеницы: весеннее кущение, цветение, молочно-восковая спелость и после уборки культуры. На целинных участках исследования проводились в те же сроки, что и на пашне.

Отбор почвенных образцов для анализа из зоны ризосферы производили в одно и то же время суток.

В результате исследований выявлено, что общая численность микроорганизмов на пашне в несколько раз превосходит целину. Эта закономерность прослеживается по всем подтипам изучаемых черноземов. Целинные участки имеют относительно стабильные показатели численности микроорганизмов в течение вегетационного периода. Это обусловлено богатством видового разнообразия целинной растительности, в котором фазы развития трав последовательно сменяют друг друга. Незначительные сезонные изменения связаны с температурным режимом и режимом увлажнения, а также величиной нарастания биомассы растений.

Среди изученных групп микроорганизмов целины наибольшим было количество азотпреобразующей микрофлоры. Среди изученных подтипов черноземов самой высокой численностью выделяется чернозем обыкновенный карбонатный.

Между черноземами южными, выщелоченными и солонцевато-слитыми значительной разницы в этом показателе не обнаружено. Количество микромецетов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов было на 2–3 порядка ниже численности аммонификаторов и нитрификаторов.

На пашне, в отличие от целины, возникают значительные сезонные колебания в показателях микробных сообществ. На всех изученных подтипах черноземов количество аммонификаторов было наименьшим в фазы начального роста и развития культуры. В черноземах южном, выщелоченном и солонцеватом в этот период численность изучаемой группы микроорганизмов колебалась в пределах 10 млн кг на 1 г почвы с некоторыми колебаниями в сторону увеличения или уменьшения данного показателя. И лишь на черноземе обыкновенном аммонификаторов было несколько десятков миллионов. Далее происходило резкое увеличение в численности аммонификаторов, пик которых приходится на фазы цветения и молочно-восковой спелости озимой пшеницы.

В фазы активного роста и развития культур разница по численности аммонификаторов в сравнении с начальным периодом составляла на пашне в среднем 3–10 раз, пашня превосходила целину в 2–4 раза.

К концу вегетации и в послеуборочный период количество микробов резко падает до значений начала вегетации или ниже. Такой динамизм, безусловно, связан с интенсивностью корневых выделений в различные фазы развития культуры. Наиболее активна корневая система в критические периоды, приуроченные к цветению и началу созревания. В отсутствие культуры почвенная микрофлора резко снижает свою численность.

Таким образом, как свидетельствуют проведенные исследования, микробный потенциал черноземных почв Ставрополья зависит от подтипа чернозема и фазы развития сельскохозяйственной культуры.

УДК: 631.468:631.86.:631.445.2:631.452

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ И ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА РОСТ ИНФУЗОРИЙ

Федий В.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, fediyf1@gmail.com

Известны прямые и косвенные трофические и метаболические взаимодействия простейших с микроорганизмами. Метаболические связи возникают при воздействии продуктов жизнедеятельности организмов. Пищевые связи простейших характеризуются предпочтениями. В настоящее время существует несколько гипотез, описывающих пищевые предпочтения простейших.

В качестве модельного объекта исследований была взята пресноводная инфузория *Tetrahymena pyriformis*, встречающаяся в некоторых почвах. Она легко поддается культивированию на питательной среде в аксеничной культуре, т. е. в отсутствии микроорганизмов. На *T. pyriformis* проверялось действие стерильных культуральных жидкостей 50 штаммов грамположительных и грамотрицательных бактерий, 15 штаммов дрожжевых грибов, 29 микромицетов. Так же исследовали действие различных концентраций стерильного раствора гуминовой кислоты на динамику обилия аксеничной культуры инфузории. Для этого использовали коммерческий препарат гуминовой кислоты (Merck), выделенной из низинного торфа. Во всех экспериментах питательная среда добавлялась в количестве, достаточном для роста инфузории, чтобы исключить трофический фактор. Обилие простейших определяли методами прямого подсчета и спектрофотометрически (при 620 нм). Для спектрофотометрического определения динамики численности инфузории была проведена калибровка оптической плотности по численности инфузурий, подсчитанной под микроскопом, а так же была отработана процедура подсчета инфузурий спектрофотометрическим методом. Проверяли гипотезу о прохождении внутрь инфузории гуминовой кислоты, сорбированной на поверхности клеток бактерий.

Была обнаружена прямолинейная зависимость между численностью простейших и оптической плотностью. Показано действие метаболитов микроорганизмов, содержащихся в стерильной культуральной жидкости, на рост численности инфузории. Культуральная жидкость дрожжей не токсична для инфузурий. Культуральная жидкость бактерий способна как стимулировать, так и подавлять рост численности инфузории вплоть до их смерти. Культуральные жидкости всех участвующих в эксперименте микромицетов подавляли рост *T. pyriformis*. Итак, кроме трофической связи инфузурий с микроорганизмами возможна и метаболическая.

Выявлена зависимость скорости роста аксеничной культуры *T. pyriformis* от концентрации раствора гуминовой кислоты в среде. Гуминовая кислота стимулирует рост инфузории в концентрациях от 0,01 до 1,25 мг/мл. Выявлена способность инфузории поглощать свободную гуминовую кислоту и сорбированную на поверхности клеток бактерий.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОМИЦЕТОВ

Федоров А.С., Федорова Н.Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
biogeo_spb@mail.ru*

Почвенные микромицеты являются одним из важнейших функциональных звеньев экосистем. Грибы входят практически во все биогеоценозы как компонент гетеротрофного блока, занимая в них уровень деструкторов органических веществ, в том числе и таких, которые недоступны для других микроорганизмов. Грибы характеризуются активным метаболизмом; они тесно связаны с субстратом, обладают большой поверхностью всасывания. Обильное спороношение приводит к быстрому заселению субстрата и закреплению популяции на нем. Все это определяет специфику взаимоотношений микроскопических грибов со средой.

Антропогенное воздействие на почвы, например, рекреационные нагрузки, внесение минеральных удобрений, использование средств защиты растений и особенно загрязнение почв тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами может стать фактором создания экстремальных условий обитания грибов. Под влиянием антропогенной нагрузки происходит изменение биомассы, численности грибов, видового состава и структуры их комплексов.

Одним из важных видов техногенных воздействий на почвы является их загрязнение тяжелыми металлами (ТМ), что приводит к упрощению структуры комплекса почвенных микромицетов за счет снижения видового разнообразия и изменения встречаемости видов.

Микроскопические грибы, по сравнению с другими микроорганизмами почв, наиболее устойчивы к воздействию ТМ, вследствие чего они часто доминируют в загрязненных ландшафтах. В качестве тест-объектов могут быть использованы как чувствительные, так и толерантные к загрязнению виды грибов.

Изучение характера изменения типичного комплекса микромицетов осуществлялось на примере сероземных почв, расположенных в непосредственной близости от Алмалыкского ГОКа (Узбекская республика), и дерново-подзолистых почв, развитых вблизи Ижорского завода под Санкт-Петербургом (Россия).

Установлено, что на основе данных только о численности и видовом составе микромицетов трудно с определенной достоверностью судить о влиянии промышленных отходов на развитие почвенных микромицетов.

Наряду с методом посева на питательные среды, в наших исследованиях был использован метод инициированного микробного сообщества (ИМС), который дает возможность оценить микробиологическое состояние почвы и прогнозировать его изменение под влиянием различных антропогенных воздействий.

Полученные данные позволяют отнести виды *Monilia geophila*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium herbarum* к индикаторам загрязнения сероземов, а виды *Aspergillus ustus*, *Mycogone nigra*, *Penicillium funiculosum*, *Chaetomium bostrychodes* служат индикаторами загрязнения дерново-подзолистых почв тяжелыми металлами.

При выращивании микроскопических грибов на жидкой среде Чапека поверхностным способом в двух вариантах: без внесения тяжелых металлов и с добавлением повышенных количеств меди (1000 мг/л) установлено, что достоверно подавляют рост и развитие семян ячменя виды *Penicillium nigricans*, *P. lanosum*, *Trichoderma koningii*, причем, виды *T. koningii* и *P. nigricans* являются типичными для исследованной дерново-подзолистой почвы.

Таким образом, чрезмерное загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к токсикозу почвы, связанному как с токсическим действием самих ТМ, так и с преимущественным развитием в загрязненной почве микроорганизмов – токсинообразователей.

УДК 631.4

ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЧВООБИТАЮЩЕГО ФИТОПАТОГЕННОГО ГРИБА *FUSARIUM CULMORUM* НА КОРНЯХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ

**Феоктистова А.С., Шахназарова В.Ю., Чижевская Е.П., Вишневецкая Н.А.,
Струнникова О.К.**

*Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии,
Санкт-Петербург, Пушкин, olgastrunnikova@rambler.ru*

Гриб *Fusarium culmorum* (Wm. G. Sm.) Sacc. является факультативным почвообитающим фитопатогеном. При наличии в почве доступно-

го питания этот гриб способен длительное время развиваться как сапротроф, разлагая растительные остатки. В условиях жесткой конкуренции между микроорганизмами за питание *F. culmorum* способен паразитировать на растениях, в том числе и на зерновых культурах, вызывая заболевание растений, что негативно сказывается на урожае и качестве зерна. Успешная борьба с фузариозами должна быть направлена не на борьбу с фитопатогеном, а на предотвращение паразитического образа жизни *F. culmorum*. Для выполнения данной задачи необходимо знание биологии развития фитопатогена в почве во время сапротрофной стадии развития и на корнях растений, что предполагает владение методами надежной идентификации гриба и его количественной оценки в естественной среде обитания.

На сегодняшний день наиболее распространенным способом идентификации и оценки количества *F. culmorum* является посев образцов на питательную среду. Для изучения развития *F. culmorum* в естественных условиях нами используются методы иммунофлуоресценции и полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени. Применение этих методов позволило оценить развитие и колонизационную способность *F. culmorum* на корнях ячменя в динамике. Методом ПЦР было установлено, что на 5 сутки количество ДНК *F. culmorum* на корнях составляло 184 нг/г корня, тогда как к 7 суткам количество гриба снижалось до 121 нг/г корня. Микроскопирование корней после иммунофлуоресцентного окрашивания показало, что в первые два срока анализа (5-и и 7-суточные проростки ячменя) *F. culmorum* на корнях был представлен, главным образом, мицелием. На 5 сутки гифы гриба обильно колонизировали корневые волоски. На 7 сутки количество микроколоний гриба на поверхности корня снижалось. В то же время оценка количества *F. culmorum*, проведенная методом посева, не выявила гриб на корнях 5-суточных растений. Этим методом фитопатоген был обнаружен на корнях только 7-суточных проростков ячменя. Таким образом, методы иммунофлуоресценции и ПЦР в реальном времени являются более чувствительными и надежными для оценки развития гриба на корнях, чем метод посева. Иммунофлуоресценция позволяет идентифицировать гриб в естественной среде обитания, а также оценить, какие структуры формирует гриб (мицелий, макроконидии, хламидоспоры) в почве и на корнях растений. Метод ПЦР в реальном времени позволяет идентифицировать и учесть даже небольшие количества гриба в исследуемом материале.

ОЦЕНКА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ЧИСЛЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ И ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВАХ СУХИХ СТЕПЕЙ ПО СОДЕРЖАНИЮ ФОСФОЛИПИДОВ

Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А.

ИФХиБПП РАН, Пуццино, khomutova-t@rambler.ru

При исследовании почвенных микробных сообществ информативным и производительным методом является метод оценки живой микробной биомассы и численности по содержанию почвенных фосфолипидов. Фосфолипиды (ФЛ) являются необходимыми компонентами клеточных мембран, не встречаются в продуктах запасаания, а после гибели клеток быстро разрушаются. Кроме того, их содержание можно соотнести с величиной микробного углерода, а также с численностью клеток. На основе содержания ФЛ оценена биомасса и численность микробных сообществ в современных почвах солонцовых комплексов сухих степей Волго-Донского междуречья, а также в подкурганых палеопочвах, погребенных 3500–700 лет назад. Величина микробной биомассы варьировала от 50 до 360 мкг С/г и, как правило, уменьшалась в глубь профиля почв. Ее средневзвешенное содержание в почвах снижалось в направлении север – юг. В профиле солонцов она была на 5–38% ниже по сравнению с каштановыми почвами. Численность микробных клеток в каштановых почвах и солонцах, рассчитанная на основании содержания ФЛ, варьировала от $0.7\text{--}3.2 \times 10^{10}$ до $7.5\text{--}13.6 \times 10^{10}$. В палеопочвах содержание живой микробной биомассы составляло в гор. А1 66–102%, в гор. В1 – 27–83% от современного уровня, а в гор. В2 – в 1.6–2.9 раз превышало его. Численность микробных клеток в палеопочвах составляла $0.7\text{--}2.8 \times 10^{10}$.

В почвах сухостепной зоны основная часть микробных сообществ находится в покоящемся состоянии, однако некоторые клетки способны расти на питательных средах, т. е. покой их не так глубок. Представляло интерес, оценить какова доля способных к росту микробных клеток в сообществах современных почв и погребенных палеопочв, поскольку этот показатель может быть использован для реконструкции динамики увлаженности климата. Для этого была сопоставлена общая численность клеток, оцененная на основании содержания ФЛ, и численность клеток, растущих на богатой среде. Доля способных к росту микробных клеток составляла 0,012–0,14% в современных почвах и 0.05–0,09% – в палеопочвах. В гор. А1 палеопочв она была в 3–11 раз выше, чем в ни-

жележащих горизонтах и составляла 33–62% от современного уровня. В профиле палеосолонца она была одинакова (0.017%) во всех исследованных горизонтах и сопоставима с показателем в гор. В1 современного фонового аналога.

Полученные данные указывают на информативность метода и возможность использования его для характеристики состояния микробных сообществ современных и погребенных почв сухостепной зоны. Хотя к настоящему времени не выяснено, насколько различается содержание ФЛ в микроорганизмах различных видов, такой подход дает возможность оценить величину живой микробной биомассы и численность микроорганизмов в почвах и соотнести результаты с данными, полученными другими методами.

Исследования проводились при поддержке РФФИ и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

УДК 631.46-576.

ЧИСЛЕННОСТЬ И СТРУКТУРА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПОЧВАХ ПАШЕНЬ И ЗАЛЕЖЕЙ

Чакмазян К.В., Полянская Л.М.

*Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова,
Москва, lpolyanskaya@mail.ru*

Микробные системы играют важную роль в биогеоценозах. Они во многом определяют потоки энергии в круговороте веществ. Ряд звеньев круговорота веществ выполняют только микроорганизмы, часть звеньев выполняется преимущественно микроорганизмами. Известна паразитическая устойчивость микробных систем почв, однако антропогенные воздействия приводят к ее нарушению. Вначале возникают структурные изменения, а затем и функциональные. На настоящем этапе развития экологической микробиологии необходимо иметь сведения об естественных микробиологических параметрах, характерных для разных природных экосистем, неподвергавшихся существенному воздействию человека. Эти исследования проводятся главным образом в заповедниках. Такое изучение дает возможность определить характер изменений, вызываемых антропогенными воздействиями.

Показано, что в почвах залежи возрастает численность и биомасса разных групп микроорганизмов по сравнению с почвами пашни. Запасы и структура микробной биомассы почв, находящихся в условиях

залежи, более приближены к ненарушенным почвам. Во всех изученных почвах доминировала биомасса грибного мицелия, составляя от 90% общей биомассы микроорганизмов в верхнем слое почв, возрастая вниз по профилю до 97%. В почвах залежи процент грибного мицелия был выше по сравнению с почвами пашни. В последних почвах был выше процент биомассы спор грибов, которая составляет от 9% в верхних горизонтах до 4% в нижних. В почвах залежи этот процент ниже 3,5–6%. В почвах залежи выше процент биомассы прокариотных микроорганизмов. Доля прокариот была невысока и не превышала 1–3%, причем в почвах залежи этот процент был несколько выше, чем в пашне. Получены данные по приросту микробной биомассы в год (в мг/г). Как видно, наибольший прирост микробной биомассы отмечался для дерново-карбонатной почвы и составлял 1,4 мг прироста в год. За 10 и 16 лет в выщелоченном черноземе он был незначительным, составляя при этом около 0,1 мг. В залежи 25-летней залежи он заметно вырос и уже составил 0,35 мг прироста в год.

Таким образом, запасы и структура микробной биомассы почв, находящихся в условиях залежи, более приближены к ненарушенным почвам. В дерново-карбонатной почве это происходит за 10 лет, а в выщелоченном черноземе этот срок составил 25 лет.

Дерново-карбонатная почва в отличие от чернозема, формирующаяся в более жестких условиях, характеризуется более высокой скоростью прироста микробной биомассы. Это можно объяснить, во-первых, большим ростом при оставлении почвы в залежь детрита, т. е. легкодоступного для микроорганизмов органического вещества. Второй причиной может быть высококачественная технология использования пашни в хозяйстве «Болдино». По данным хозяйства на поля вносится большое количество органических удобрений, пашня характеризуется малой степенью выпханности и высоким плодородием, а, следовательно, и слабой нарушенностью микробного сообщества.

Таким образом, в качестве показателей агроэкологического состояния почв нужно учитывать следующие показатели: 1) размеры общей микробной биомассы; 2) соотношение прокариот и эукариот в общей микробной биомассе; 4) соотношение доли спор и грибного мицелия в структуре грибной биомассы.

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ РАСПАШКИ

Чернокалова Е.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, chernokalova.ev@yandex.ru

В настоящее время в связи с всё большей интенсификацией промышленности и сельского хозяйства становится актуальным установление последствий антропогенного влияния. Среди антропогенных воздействий, связанных с сельскохозяйственным производством, наиболее существенные нарушения вызывают два его вида: распашка и выпас скота. Последствия влияния распашки многообразны и включают изменение микрорельефа поверхности почвы, изменение плотности, резкое увеличение эрозионной поверхности и др.

В первую очередь сельскохозяйственное использование земель приводит к уничтожению степной растительности, обеднению животного мира и изменению почвенного покрова. При этом почвы с высоким уровнем плодородия, с высокой биологической активностью более устойчивы к негативным антропогенным воздействиям. (Вальков и др., 2001; Казеев и др, 2004).

Целью работы является изучение влияния сельскохозяйственного освоения на ферментативную активность чернозема обыкновенного. В качестве объекта исследования были выбраны участок пашни на территории ОПХ ДонГАУ Октябрьского района Ростовской области и целинная почва ООПТ «Персиановская степь». Исследуемые участки находятся на расстоянии 20 м друг от друга. Пашня распахивается более ста лет, и при этом используется система основной обработки со стандартным набором агроприемов. Чернозем обыкновенный ООПТ «Персиановская степь» может служить эталоном сравнения для обширных площадей занятых аналогичными почвами. ООПТ «Персиановская степь» представляет собой один из последних целинных участков, расположенных на водоразделах. Он никогда не распахивался, лишь иногда, раз в несколько лет он подвергается сенокосению, которое заменяет стравливание растительности дикими животными

В результате исследований выявлено увеличение количества микроорганизмов в почвах целинного участка по сравнению с пашней на 19%. Содержание гумуса в целинном черноземе больше на 49%, чем в пахотном варианте.

Согласно шкалам Звягинцева (1978) для оценки степени обогащенности почв ферментами исследуемые участки по активности дегидрогеназы относятся к средне обогащенным почвам, по активности инвертазы целинный чернозем относится к богатым почвам, а пахотный вариант относится к средне обогащенным почвам, по активности фосфатазы исследуемые почвы от-

носятся к очень бедным почвам. Наши исследования показали, что распашка приводит к снижению активности инвертазы и дегидрогеназы. Активность инвертазы уменьшается на 68%, а активность дегидрогеназы уменьшается на 13%. Активность фосфатазы, наоборот увеличивается на 44%.

Таким образом, сельскохозяйственное использование (распашка) приводит к уменьшению численности микроорганизмов, и к снижению содержания органического вещества, а также активности ферментов, исключение составляет только активность фосфатазы, что, возможно, связано с внесением фосфатных удобрений. Показатели биологической активности в целинных черноземах несколько выше, чем на пашне.

УДК 631.468:631.86.:631.445.2.:631.452

О КИНЕТИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БАКТЕРИЙ В ПРИРОДНЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ

Якушев А.В.

Факультет почвоведения МГУ, Москва, a_yakushev84@mail.ru

Если количественное определение таксономического состава и интенсивности протекания микробиологических процессов в почвенной микробиологии не вызывает принципиальных методических затруднений, то методы определения физиологического состояния бактерий нуждаются в дальнейшем усовершенствовании. Существует несколько подходов к определению физиологического состояния бактерий (люминесцентные красители, позволяющие различить живые и мёртвые клетки по ферментативной активности, содержанию, рибонуклеиновых кислот рибосом и т. д.), нами был выбран подход, основанный на представлении о физиологическом состоянии как кинетической величины, определяемой из данных по начальному периоду роста бактерий на питательных средах. Суть метода заключается в математической обработке кривых роста смешанных самопроизвольных бактериальных культур, внесённых просто в виде почвенной суспензии в жидкие питательные среды. Рост определяется в режиме реального времени по изменению оптической плотности в питательных средах на фотометре. В качестве питательных сред могут быть применены различные жидкие микробиологические среды. Для получения большей информации, необходимо по завершении исследования роста в жидких средах проводить высев на агаризованные среды в чашки Петри, для дальнейшей идентификации микроорганизмов. Кинетический метод определения физиологиче-

ского состояния бактерий *in situ* отличает от других методов возможность одновременного и инструментального определения функционального (трофического) разнообразия бактериального комплекса, физиологического состояния различных трофических групп бактерий, их кинетических параметров роста. Так же метод являясь своеобразным вариантом накопительной культуры позволяет попутно выделить из исследуемого местообитания самых различных бактерий, которые нельзя выделить при непосредственном высеве на агаризованные среды.

Метод был успешно использован для решения широкого круга микробиологических и экологических задач. В рамках поиска решения загадки консервации органического вещества в торфах (особенно верховых, по сравнению с низинными) нами было установлено, что бактериальные сообщества верховых торфяников отличаются большей продолжительностью лаг-фазы, более узким спектром потребляемых субстратов и меньшими значениями максимальной удельной скорости роста по сравнению с низинными торфяниками, что наряду с другими факторами приводит к относительно меньшей скорости разложения органического вещества в верховом торфе. Для определения допустимых норм загрязнения почв нефтепродуктами эти методом оценивали пороговых концентраций дизельного топлива, при которых происходит резкие перестройки в физиологическом состоянии бактерий в почвах различного типа. Было установлено, что в зависимости от типа почвы пороговые концентрации дизельного топлива колеблются в интервале 1–5 г/кг почвы. При исследованиях зоомикробных взаимодействий в почвах на примере дождевых червей кинетический метод позволил проследить судьбу некоторых бактерий при пассаже через пищеварительный тракт червя. Помимо этого был установлен факт увеличения активности бактерий под влиянием дождевых червей как в свежих экскрементах червя (копролитах) так и в вермикомпосте, по сравнению с традиционными компостами. Эти данные позволяют утверждать, что влияние дождевых червей на микробный комплекс, сказывается не только на таксономическом составе и интенсивности протекания микробиологических процессов в почвах, но и на физиологическое состояние микробов. Можно заключить, что кинетический метод определения физиологического состояния бактерий перспективен для дальнейшего усовершенствования.

Автор благодарит за помощь д.б.н. Б.А. Бызова, к.б.н. Т.Г. Добровольскую, д.б.н. Е.Ю. Милановского, к.б.н. О.С. Кухаренко, к.б.н. В.В. Тихонова.

Работа выполнена в рамках научной темы кафедры биологии почв факультета почвоведения МГУ «Биоразнообразие и ценоотические связи почвенных микроорганизмов в наземных экосистемах», гос. регистрационный номер 01 2011 55420; и при финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-04-00580-а, №11-04-0121-а, №11-04-00415-а и Гранта Президента РФ № МК-5552.2011.4

Секция F
ПОЧВЕННАЯ ЗООЛОГИЯ

Председатель: чл.-корр. РАН Б.Р. Стриганова

УДК 631.427

**ТЕСТИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
РАЗНЫХ ТИПОВ НА ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ
МЕГАПОЛИСА С ПОМОЩЬЮ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ
ГРУППЫ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ**

Андриевский В.С.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, VS@issa.nsc.ru

Панцирные клещи (орибатиды) являются одной из самых многочисленных и разнообразных таксономических групп почвообитающих беспозвоночных животных. Указанные качества этого таксона позволяют с его помощью проводить биоиндикацию, или тестирование нарушений природной среды различного характера, что было многократно показано в литературе.

С целью выявления влияния антропогенного пресса разных типов на сообщества панцирных клещей было проведено обследование нескольких биотопов города Новосибирска и его окрестностей.

Исследовалось антропогенное воздействие трех типов: 1. атмосферное загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком; 2. рекреационная нагрузка; 3. нарушение естественного сложения почвы путем внесения урбанозема.

Во всех обследованных биотопах три указанных типа антропогенного пресса действуют комбинированно, но степень проявления каждого из них варьирует.

Все три типа антропогенной нагрузки на биотопы Новосибирского мегаполиса оказывают угнетающее действие на сообщества панцирных клещей. Но, проявляется оно неоднозначно в разных биотопах в зависимости от степени воздействия на них антропогенных факторов. Атмосферное загрязнение воздуха тяжелыми металлами и мышьяком не является основным типом антропогенного пресса на сообщества панцирных клещей, как изначально предполагалось. Рекреационная нагрузка и нарушение естественного сложения почвы оказывают сравнимую по степени проявления нагрузку с влиянием загрязнения. Только очень высокий уровень атмосферного загрязнения приводит к угнетению сообщества панцирных

клешей, выраженному в большей степени, чем при действии других антропогенных факторов. При высоком, но не предельном уровне загрязнения воздуха действие рекреационного пресса и нарушение естественного сложения почвы становятся столь же весомыми факторами. Они же ярко проявляются при низком и очень низком уровне загрязнения.

При оценке характера и степени нарушения сообществ панцирных клещей под антропогенным влиянием информативными характеристиками являются количественная составляющая (численное и видовое богатство) и качественная составляющая (видовой состав и структура сообщества).

Количественно сообщества панцирных клещей реагируют на антропогенный пресс снижением уровней численности и числа видов. Качественно – изменением состава видов и структуры сообществ.

В зависимости от количественного распределения видов орибатид в ряду изучаемых биотопов с разным антропогенным влиянием выделяются две основные группы: 1. виды с малой индикационной ценностью, и 2. индикационно ценные виды.

Индикационно ценные виды делятся на: 1. индикаторов «чистоты экосистем», и 2. индикаторов нарушенного состояния сообществ в экосистемах.

В первую группу входят несколько видов, не терпимых к антропогенным нарушениям любого характера. По их высокому количественному присутствию в том или ином биотопе можно делать вывод о практическом отсутствии или очень слабом проявлении в нем антропогенного стресса. Ко второй группе можно отнести некоторые виды, толерантные как к атмосферному загрязнению воздуха (очень высокого или умеренно высокого уровня), так и к сильной рекреационной нагрузке в сочетании с нарушением естественного сложения почвы. Их высокое обилие в биотопе – признак проявления в нем антропогенного пресса указанного характера.

УДК 631.468

КОМПЛЕКСЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Безкорвайная И.Н.^{1,2}, Антонов Г.И.^{1,2}, Егунова М.Н.²

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, birinik-2011@yandex.ru

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, tari_19_88@mail.ru

Любое экзогенное воздействие на экосистему отражается на каждом из ее компонентов. Почвенная биота, как «почва-жизнь» или «почва-момент» (Соколов, Таргульян, 1976; Роде, 1984) находясь под контролем

внешних условий, неизбежно реагирует на происходящие в данный момент времени изменения в почвенной среде. В зависимости от времени, степени и типа воздействия в комплексах почвенных организмов происходят количественные, структурные и функциональные изменения.

Комплексы почвенных беспозвоночных отличаются стабильностью и устойчивостью даже при очень неблагоприятных нарушениях, поэтому в экосистемах, интенсивно используемых человеком, почвенные животные остаются последней группой, по которой можно оценить степень воздействия человека на биоту.

Крупные беспозвоночные являются удобными объектами для биоиндикационных исследований и мониторинга, поскольку связь с изменениями почвенных условий, у крупных животных гораздо теснее и отчетливее, чем у мелких. В тоже время, микроартроподы более удобны при биодиагностике на уровне комплекса, тем более, что часто именно мелкие беспозвоночные являются единственными представителями живых организмов в сильно измененных экосистемах.

Изучена трансформация структуры комплексов почвенных беспозвоночных после воздействия таких факторов, как вспышки массового размножения сибирского шелкопряда, пожары, рубки, техногенное загрязнение, а также в процессе лесовосстановления после длительного сельскохозяйственного использования почвы.

О депрессивном состоянии лесотундровых сообществ, подверженных техногенным воздействиям свидетельствуют низкая численность и разнообразие крупных сапрофагов, деградация подстилочного комплекса и усиление пресса хищников и фитофагов. Сдвиг в соотношении основных групп панцирных клещей и коллембол в пользу последних может быть использован в качестве индикационного показателя степени техногенной нарушенности местообитаний в данных эдафо-климатических условиях при осуществлении биологического мониторинга.

Показано, что после дефолиации пихтового древостоя шелкопрядом в южной тайге наблюдается значительное снижение плотности почвенных микроартропод. Среди панцирных клещей доминируют поверхностнообитающие и подстилочные типы, среди коллембол – почвенно-подстилочные и почвенные. Последующие пожары обуславливают полное уничтожение подстилочного комплекса микроартропод, который восстанавливается по мере формирования нового напочвенного покрова и накопления подстилки.

Анализ комплексов почвенных беспозвоночных на вырубках и в процессе лесовосстановления в условиях южной тайги показал, что восстановление или формирование качественно новых сообществ почвенных беспозвоночных происходит в течение длительного периода.

звоночных происходит за счет коренных обитателей, и зависит от силы экзогенных факторов, от продолжительности их воздействия и от буферности самой системы. В целом, наблюдаемый переход структурных изменений комплекса почвенных беспозвоночных в функциональные отражается на их вкладе в экосистемные процессы и может привести к локальным изменениям зональных характеристик биологического круговорота.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №10-04-00337-а

УДК 591.5

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛАТЕРИДОКОМПЛЕКСОВ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА ВСЛЕДСТВИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ СРЕДЫ

Вершинина С.Д.

ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, esom@ipae.uran.ru

Для выявления роли зонально-климатических особенностей и вклада антропогенной нагрузки в существующие различия природных сообществ мы сравнили структуру видовых комплексов Elateridae во вторичных березняках двух эколого-географических подзон таежной зоны: изменение их комплексов в районе действия Красноуральского медеплавильного комбината, функционирующего с 1932 г. в подзоне средней тайги и Карабашского медеплавильного комбината, работающего с 1903 года в подзоне южной тайги Урала. Проведен ретроспективный анализ данных, полученных в период с 2006 по 2011 гг. в сочетании с уже имеющимися (с 1993 по 1996), который позволяет оценить ход динамики элатеридокомплексов и изменение функциональной роли отдельных компонентов в зоне действия металлургических комбинатов в зависимости от температурного режима, влажности и репаративных процессов растительной компоненты сообщества (в конце 1980-х годов в подветренном местообитании импактной зоны южной тайги были произведены искусственные посадки сосны). Различия в обеспеченности исследуемых территорий теплом и влагой отражены в значениях гидротермического коэффициента, который значительно выше в средней тайге.

Показано, что в 2000-е годы, в сравнении с предыдущим периодом, изменились показатели плотности, видового разнообразия и структуры доминирования сообществ жуков-щелкунов, что наиболее значимо для самых трансформированных территорий средне- и южнотаежной подзон. В условиях

сравнительно высокой увлажненности в подзоне средней тайги в сочетании с меньшим количеством солнечной радиации местообитания импактной зоны менее ксеротизированы, чем в южной. Это приводит ко вторичной сукцессии с увеличением доли хвойных пород, что оказывает влияние на структуру комплексов щелкунов и выражается в увеличении доли вида *Athous subfuscus* Mull., тяготеющего к хвойным лесам и снижении доли *Aplotarsus incanus* Gyll., предпочитающего в лесных биоценозах разреженные, хорошо прогреваемые участки. Но самые существенные изменения произошли в структуре элатеридокомплекса на подветренной импактной территории южнотаежной подзоны. Сообщество щелкунов стало полидоминантным, где значительно возросла (от 0,9% до 28%) доля *Athous subfuscus* Mull.; от 0,1 до 16% выросла доля ксилобионта хвойных лесов *Ampedus balteatus* L. и доля *D. marginatus* L. увеличилась с 1,4 до 10%. Смена доминанта в надветренном импактном местообитании южной тайги, вероятно, также связана с постепенным развитием березняка: увеличивается сомкнутость крон, изменяется освещенность, и, как следствие, гидротермический режим, что приводит к росту доли мезофильного бореального вида *D. marginatus* L.

На модифицированных территориях южнотаежной подзоны в трофической структуре элатеридокомплекса существенно возросла доля хищников.

Таким образом, антропогенное воздействие приводит к изменению зонально обусловленных сообществ элатерид. Общим результатом этого является значительная перестройка элатеридокомплексов, выражающаяся в качественных и количественных изменениях структуры.

Гидротермический режим подзоны средней тайги при антропогенной модификации формирует более благоприятные условия для мезофильных групп педобионтов, по сравнению с южной тайгой. В южной тайге, при исходно более высоком уровне солнечной инсоляции и меньшей влажности, воздействие выбросов приводит к большей ксеротизации, что сопровождается сокращением численности бореальных видов и дает преимущество эвритопным и ксерорезистентным видам. Восстановление древесного яруса, характеризующееся на определенной стадии включением хвойных пород, даже в угнетенном состоянии, существенно меняет микроклиматические характеристики, способствуя формированию приближающегося к естественным лесам гидротермического режима и оказывает значимое влияние на состав и структуру почвенной мезофауны этих территорий.

Проведение лесопосадок хвойных деревьев может существенно ускорить репаративные процессы на деградированных (действием точечных источников контаминации) территориях таежной зоны.

**АКТИВНОСТЬ LUMBRICIDAE В ПОЧВАХ ПАСТБИЩНЫХ
ЭКОСИСТЕМ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРЕДУРАЛЬЯ****Гаевская М.А., Русанов А.М., Бородин А.В.***ФГБОУ Оренбургский государственный университет, Оренбург, biosu@mail.ru;*

В последнее время широкое распространение получило промышленное разведение дождевых червей – вермикультивирование, одним из результатов которого является биогумус. Уникальная способность червей минерализовать, мелиорировать и структурировать почву, утилизируя значительные количества мортмассы (мертвого органического вещества), является одним из важных условий восстановления плодородия почвы. Дождевые черви (Lumbricidae) являются детритофагами (сапрофагами), питаются детритом почвы и живыми микроорганизмами, населяющими его. Именно благодаря детритофагам из мортмассы, состоящей в первую очередь из корней растений, формируется органическая часть почвы. Копролиты, помимо продуктов разложения детрита, содержат ферменты и кишечную микрофлору, которые в совокупности усиливают ферментативную активность почв.

В задачи исследования входила оценка роли хозяйственной деятельности человека в формировании пространственных изменений активности Lumbricidae в ряду целина – сильно сбитое пастбище.

Наблюдения проводились в лесостепной зоне на целинных и в различной степени сбитых пастбищах на черноземах типичных. Воздействие скота на пастбищные экосистемы проявляется в уплотнении верхнего слоя почв, которое сопровождается утратой ими структуры, и, как следствие, сменой видового состава растительных сообществ. Объектами работ послужили участки под следующими растительными сообществами: целина – разнотравно-зеленоземлянично-луговотимофеевковое (*Hypericum perforatum*, *Festuca valesiaca*, *Fragaria viridis*, *Phleum pratense*); слабый сбой – разнотравно-полынно-типчаковое (*Artemisia austriaca*, *Stipa lessingiana*, *Cichorium intybus*, *Festuca valesiaca*); средняя сбитость – разнотравно – типчаково-полынное (*Artemisia austriaca*, *Achillea millefolium*, *Echium vulgare*); сильный сбой – разнотравно-полынно-подорожниковое (*Artemisia austriaca*, *Festuca valesiaca*, *Plantago major*).

В связи с уплотнением чернозема и сменой растительного сообщества изменяется состав и свойства почвенного населения. Использование Lumbricidae как биоиндикаторов позволяет оценивать направление и скорость почвенных процессов, в том числе и восстановление почв после их

нарушения, что подтверждается полученными данными. Рассматривая результаты по учету дождевых червей необходимо отметить, что самое большое их количество было зарегистрировано на целинном участке – 48 экз/м². Далее в ряду слабо-средне-сильносбитое пастбище их количество снижалось в порядке 36 – 24 – 11 экз/м² соответственно. Меняется и глубина проникновения дождевых червей по почвенному профилю. Эти данные коррелируют с показателями учета подземной фитомассы, а именно снижением количества массы мертвых корней (детрита) в ряду целина – сильносбитое пастбище в 2,1 раза (t от 0,78 до 0,83 при $> 0,05$).

Таким образом, воздействие, которое оказывает сельскохозяйственная деятельность человека на все компоненты пастбищной экосистемы, приводит к снижению общей плотности населения Lumbricidae в связи с изменением накопления детрита почв, и, соответственно, к снижению интенсивности процессов его разложения.

УДК 577.4

ПЕДОФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПРИАМУРЬЯ

Ганин Г.Н.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
Ganin@ivep.as.khb.ru*

Почти 98% всех видов наземных животных дальневосточного региона (а это около 37000) приходится на беспозвоночных, подавляющая часть которых связана с почвами Приамурья. Из них функциональные педобионты всех размерных групп беспозвоночных составляют около 10% видового богатства. Мезопедобионты (многоножки, земляные черви, наземные моллюски, некоторые ракообразные, насекомые и паукообразные) южной части региона представлена около 1550 видами с численностью от $0,8\text{--}26 \cdot 10^2$ экз/м², что составляет до 40% всего разнообразия животных почв. Независимо от крупных беспозвоночных в этом ярусе экосистем обитают и другие более мелкие – микрофауна (нематоды, коллемболы, другие примитивные насекомые, различные группы клещей – ~ 2350 видов с численностью $0,1\text{--}10 \cdot 10^5$ экз/м²), а также простейшие и микроскопические многоклеточные животные (нанофауна – ~ 500 видов с численностью $10\text{--}40 \cdot 10^6$ экз/м²). Показатели биоразнообразия беспозвоночных педобионтов основных растительных сообществ района исследований, вероятно, будут расти по мере изучения региона. Для 840–850 видов мезофауны на сегодня выявлена био-

топическая привязка. Состав и численность этих беспозвоночных в почвах зоны смешанных, темнохвойных, светлохвойных лесов и лесостепи сведены в Педофаунистический Кадастр.

Очевидным является «южный» характер структуры животного населения почв, присущий лесным экосистемам неморального типа. Сапротрофный комплекс (земляные черви, диплоподы, моллюски, личинки двукрылых) здесь составляет около 85% биомассы, а хищники 5–6% всех крупных педобионтов. Такая особенность отмечена другими авторами и для южной тайги Русской и Западно-Сибирской равнин, имеющей общий генезис с дальневосточной.

Мезопедобионты сосредоточены поровну в подстилке и верхних пяти сантиметрах почвы. Очевидна основная привязка комплексов этих животных к типам почв и их вариантам на юге Дальнего Востока – лесным бурозёмам, желтозёмам, подзолам, лугово-бурым черноземовидным почвам. Кроме того, фауна педобионтов геофилов и, особенно, геоксенов, при известной степени взаимопроникновения, находится в границах обширных зон и подзон лесных биомов. Более дробной привязки к границам фитоценозов не отмечается. Это отражает экологические связи мезофауны, прежде всего, с почвой (геобионты), а затем уже с растительным покровом (геоксены и, частично, геофилы).

Эти животные, выполняя одну из основных функций в поддержании стабильности почвенного покрова, представляют собой дополнительный биоресурс почвы. На мезопедобионтов приходится до 60% биомассы почвенных беспозвоночных, что составляет порядка 1% от общей массы всех живых обитателей почв региона, включая микроорганизмы.

На юге Дальнего Востока биомасса мезопедобионтов в зоне смешанных и широколиственных лесов имеет максимальные значения и составляет по подзонам следующие величины: кедрово-широколиственные леса Приамурья – 36,58 г/м²; чернопихтово-широколиственные леса Приморья – 38,48 г/м²; долинные широколиственные и дубовые леса – 25,83 г/м²; горные смешанные леса переходного пояса – 28,86 г/м². В других растительных зонах, представленных в регионе, запасы биомассы значительно меньше: темнохвойная тайга – в среднем 7,66 г/м²; светлохвойная тайга – 3,86 г/м²; лесостепь – 10,39 г/м². В интразональных биотопах её значения средние: пойменные леса – 14,3 г/м²; пойменные луга – 18,5 г/м²; пойменные болота – 12,44 г/м²; суходольные луга – 8,88 г/м².

Зависимости развития биомассы мезопедобионтов от обилия их видов в биотопе нет. В пределах одной зоны не тип растительного сообщества определяет ее запасы и не конкретно его широтное расположение, но в

основном положение биотопа относительно границ зоны/подзоны, к которой принадлежит данное растительное сообщество. Составляя в норме приблизительно одну и ту же долю от его чистой продукции, биомасса мезопедобионтов по градиенту будет соответствовать степени развития фитоценоза и количеству доступного кормового ресурса.

УДК 631.467.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОЧВЕННОЙ НЕМАТОЛОГИИ

Груздева Л.И., Сущук А.А., Матвеева Е.М.

*Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского
научного центра РАН, Петрозаводск, anna_sushchuk@mail.ru*

Для оценки состояния сообществ почвенных нематод используют индексы, принятые в экологических исследованиях различных групп организмов: индексы разнообразия Шеннона, доминирования Симпсона, выровненности Пиелоу, а также индексы, разработанные для изучения сообществ нематод: индекс зрелости Бонгерса и его модификации, индексы, характеризующие почвенную трофическую сеть Ферриса. Индекс зрелости (Maturity index, ΣMI) основан на распределении таксонов нематод по с-р шкале: от устойчивых к нарушениям среды г-стратегов до чувствительных к-стратегов. Индексы, предложенные Феррисом, интегрируют в себе трофические группы и с-р классы шкалы Бонгерса. В качестве показателей, характеризующих почвенные условия, предложены: индекс структурирования (Structure index, SI), отражающий степень усложнения трофической сети; индекс обогащения трофической сети (Enrichment index, EI), связанный с доступным органическим веществом и индекс преобладающего пути разложения органического вещества – с участием бактерий или микромицетов (Channel index, CI). Последний рассчитывается на основе численности нематод-бактериотрофов и микотрофов, имеющих тесные трофические связи с почвенными микроорганизмами.

Мониторинг сообществ почвенных нематод на территории Республики Карелия обеспечил обширный материал из биоценозов, отличающихся географическим положением, типом растительного покрова, степенью трансформации.

Установлены некоторые закономерности изменений эколого-популяционных индексов в широтном направлении. В луговых почвах видовое

разнообразие и индекс зрелости сообществ нематод увеличиваются с севера на юг ($H'=4,1$ на севере и $H'=4,4$ на юге; $\Sigma MI=2,53$ и $3,0$, соответственно). Индекс CI значительно снижается, что свидетельствует о том, что на севере республики разложение органического вещества идет преимущественно по грибному типу (в среднем $CI=62$), а в почвах лугов, расположенных на юге республики, разложение органики происходит при доминирующем участии бактерий ($CI=23$).

Значения индексов варьируют в зависимости от типа фитоценоза. Для лесных биоценозов индекс CI имеет высокие значения по всей территории республики (в среднем 69 – в сосняках, 61 – в ельниках), т. е. основными деструкторами органического вещества являются микроскопические грибы. Для луговых почв среднее значение параметра $CI=36$, что свидетельствует о преобладании бактериального пути разложения. Индекс обогащения трофической сети EI отражает уровень плодородия почв. Значения индекса выше в ельниках, чем в сосняках (в среднем $EI=28,2$ и $19,7$ соответственно), что объясняется высоким содержанием актиномицетов и целлюлозоразрушителей. Почва ельников имеет высокую общую численность нематод (в $2-4$ раза выше, чем в сосняках); фауна нематод более разнообразна. Индекс структурирования почвенной трофической сети SI мало изменяется в естественных биоценозах, так как в стабильных местообитаниях почвенная экосистема имеет сложные многокомпонентные трофические сети, что отражается в высоких значениях индекса. Однако он четко отражает действие различных неблагоприятных факторов. Выявлено снижение индекса при загрязнении среды тяжелыми металлами до $21,3$, при сплошных рубках древостоя со сжиганием и складированием сучьев и валежника до $4,5$ (контрольный биоценоз – $68,8$).

Индекс Шеннона варьирует незначительно, и может быть использован лишь в комплексе с другими параметрами. Высокие значения характерны для охраняемых территорий, старовозрастных лесов, островных биотопов.

Таким образом, показано, что использованные индексы четко отражают как изменения, происходящие в почве (свойства почв, направление почвенных процессов) и растительном покрове естественных биоценозов, так и последствия антропогенного вмешательства (загрязнение, сельскохозяйственные мероприятия и др.). Наиболее информативными являются индексы, предложенные Феррисом, так как интегрируют качественные и количественные характеристики сообществ нематод.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ГЕРПЕТОБИОНТОВ (CARABIDAE, STAPHYLINIDAE) В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Конакова Т.Н., Колесникова А.А.

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

Carabidae и Staphylinidae занимают первое место по численности в составе почвенной мезофауны в лесах таежной зоны европейской части России и Сибири. В хвойных лесах подзоны средней тайги Республики Коми зарегистрировано 93 вида Carabidae и 90 видов Staphylinidae. Известно, что эти жуки тонко реагируют на почвенно-растительные, гидротермические и микроклиматические условия. Для формирования их сообществ большое значение, по данным литературы, имеет влажность почвы, кислотность подстилки, мощность мохового покрова, богатство травянистой растительности.

Для определения условий обитания герпетобионтных жесткокрылых в хвойных лесах средней тайги Республики Коми в 2003–2010 гг. проводили геоботанические описания исследуемых фитоценозов, определяли тип почвы, характеризовали свойства верхних почвенных горизонтов на основе химического анализа, оценивали местные биотопические и погодные условия. Анализировали эти данные на значимость для определения варьирования разнообразия и численности герпетобионтов в ненарушенных и расположенных в районе выбросов лесопромышленного комплекса сосновых и еловых лесах.

В итоге выявлено, что с возрастанием увлажнения в хвойных лесах (от сосняка лишайникового к сосняку сфагновому и от ельника черничного к ельнику сфагновому) происходит увеличение относительного обилия Staphylinidae, уменьшение относительного обилия Carabidae, снижение разнообразия и видового богатства герпетобионтов. При этом на численность жужелиц оказывают влияние температура воздуха и подстилки, кислотность подстилки, а на численность стафилинид – комплекс погодных условий. Отрицательные корреляции выявлены между общей численностью герпетобионтов и влажностью подстилки. В сосняках численность герпетобионтов определяется также мощностью мохового покрова.

Для сообществ герпетобионтов в хвойных лесах (ельниках и сосняках чернично-зеленомошных), расположенных в районе выбросов лесопромышленного комплекса, показано, что численность жуков уменьшается при снижении температуры воздуха и увеличении степени нарушенности фитоценозов. В сосняках разнообразие и численность жужелиц определяются общим проективным покрытием мхов, травянистого и кустарничкового яруса, нали-

чием мертвой древесины. Для стафилинид таких зависимостей не выявлено. Несмотря на то, что выбросы лесопромышленного комплекса содержат серо-содержащие соединения, увеличение кислотности почв в окрестностях предприятия не наблюдается. Причина в том, что вблизи предприятия в почву поступает также большое количество пыли, содержащей в своем составе основания, обладающие некоторой подвижностью. В результате наблюдается нейтрализация повышенной кислотности, свойственной подстилкам лесных почв в их естественном состоянии. Тем не менее эти изменения также сказываются на численности и структуре группировок герпетобионтов.

Таким образом, в ненарушенных и расположенных в районе выбросов лесопромышленного комплекса хвойных лесах численность и разнообразие группировок герпетобионтов определяются погодными условиями, мощностью мохового покрова, влажностью почвы и кислотностью подстилки. При этом лимитирующим фактором для герпетобионтов в хвойных лесах вне зависимости от их состава и степени нарушения является кислотность подстилки, что ранее было показано и для других групп почвенной биоты.

Исследования проведены в рамках проекта ОБН РАН № 09-Т-4-1003.

УДК 631.484

НАСЕКОМЫЕ-НЕКРОБИОНТЫ КАК КОМПОНЕНТ ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СОСТАВ И СТРУКТУРУ ПОЧВЫ

Лябзина С.Н.

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск,
slyabzina@petrsu.ru*

В лесных и открытых биоценозах Карелии на трупах отмечено более 130 видов членистоногих, которые являются обязательным компонентом почвенной биоты или связаны с ней на той или иной стадии развития. Среди насекомых-некробионтов основную часть составляют два отряда: Жесткокрылые (78 видов) и Двукрылые (43 вида). Разлагающееся органическое вещество и другие компоненты способствуют увеличению спектра пищевых ресурсов и создают возможность одновременного сосуществования животных с различными трофическими связями. Кроме некрофагов, на трупах встречаются представители других трофических групп, таких как, сапрофаги (например, Hydrophilidae, Leiodidae), зоофаги (Histeridae, некоторые Staphylinidae, личинки Fanniidae), паразитоиды (Aleochara, Braconidae), которые составляют более 70% по числу видов.

С почвой связаны все стадии разложения: от начального этапа колонизации некробионтами до позднего разложения костной и покровной тканей. Насекомые-некробионты играют большую роль в разрыхлении почвы, механическом перемешивании органического и минерального веществ. Например, большинство личинок мух рр. *Fannia*, *Parasarcophaga* и жуков р. *Oiceoptoma* после питания на трупе, проделывают ходы в почве и окукливаются на глубине до 5 см. Жуки-навозники (например, *Geotrupes stercorarius*, *G. stercorosus*) делают свои норки под или около трупа на глубине до 10 см и затаскивают в ходы фрагменты тканей. Среди некрофильных жуков семейства Мертвоеды (Silphidae) выделяют две группы: поверхностно-падальные виды – представители рр. *Thanatophilus*, *Necrodes*, *Silpha*, *Oiceoptoma* и зарывающие падаль – могильщики р. *Nicrophorus*. Поверхностно-падальные жуки питаются тканями и окукливаются в почве рядом с трупом. Виды, зарывающие падаль, подрывают верхний почвенный слой под мелким трупом и погружают его на глубину 10–20 см. Если же в местах очень плотная структура почвы (например, глина), то жуки перетаскивают труп на участки с более рыхлой почвой. Зарытый труп становится менее доступным для заселения основными конкурентами – двукрылыми. Однако погребенные могильщиками тушки мелких грызунов могут успешно колонизировать мухи-горбатки (*Aneurinae unispinosa*).

Вместе с тем, за период разложения крупной падали происходит серьезное изменение почвенного покрова, который по ложе трупа подвергается сильным воздействиям. Во-первых, химическому – продуктами трупных выделений, во-вторых, термическому (при разложении происходит повышение температуры трупа до 35–50°C), в-третьих, механическому – длительное отсутствие света и давление на растения. Это приводит к изменению обычной микро- и мезофауны почвы и повреждению или гибели растений. Восстановление покрова, по нашим данным, на месте ложа трупа происходит лишь на второй – четвертый года.

По истечению двух-трех лет на месте ложа крупных трупов остается обилие пустых или погибших пупариев двукрылых-некробионтов (особенно *Protophormia terraenovae*), которые сохраняются неповрежденными. Также скопление в почве детритофагов в месте ее пропитывания продуктами разложения и медленное восстановление растительного покрова – все это может свидетельствовать о точности определения местонахождения трупа и применяться в судебной медицине.

Таким образом, воздействие разлагающегося трупа и деятельность некробионтов оказывают определенное влияние на структуру и состав почвы и напочвенного покрова.

**РОЛЬ ПОЧВЫ В ИЗМЕНЧИВОСТИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ПРИРОДНЫХ ПЕДОЦЕНОЗАХ****Минкин В.В., Пилипенко А.Д.***ПГУ им.Т.Г.Шевченко, Тирасполь, kanz@spsu.ru; gos_universitet@mail.ru*

Исследования проводили в Кицканском лесу (вблизи Тирасполя). Педоценозы назвали по типу древесной растительности, преобладающей в данном биотопе. По результатам исследования почв и почвенных разновидностей типы почв можно условно разделить на две группы: 1 группа. Почва аллювиальная луговая карбонатная слоистая легкосуглинистая (педоценозы «тополевый» и «вязовый»). В такой почве преобладает песчаная фракция, а глинистой фракции значительно меньше.

2 группа. Почва аллювиальная луговая карбонатная слоистая суглинистая (педоценозы «шелковичный» и «вязовый»). В такой почве преобладает глина, а песчаной фракции немного. По результатам экологических исследований установлено, что в педоценозах первой группы в основном обитают следующие представители мезофауны: червь дождевой, жуужелица красноногая, личинка шелкоуна, многоножка – броненосец, кивсяк серый. В педоценозах второй группы чаще всего встречаются: сколопендра кольчатая, геофил длинный, личинка мухи, личинка жуужелицы. Проанализируем видовой состав почвенных беспозвоночных в различных типах педоценозов. Так, в июле количество видов беспозвоночных – гигрофилов (дождевой червь) одинаково в педоценозах «тополеый» и «вязовый». Большинство почвенных беспозвоночных (кроме дождевых червей и жуужелиц) передвигаются пассивно, следовательно легкосуглинистая почва этих педоценозов, содержащая большое количество песчаной фракции, наиболее благоприятна как для их передвижения. так и для размножения (яйца они откладывают в почву).

Напротив, в педоценозах «шелковичный» и, особенно, «дубовый» суглинистая почва, содержащая большое количество глинистой фракции, создает значительные трудности при передвижении не только пассивно, но и активно передвигающихся беспозвоночных. Поэтому в педоценозе «дубовый» количество видов уменьшается в два раза.

Следует отметить, что в июле во всех педоценозах, в связи с дождливой погодой, наблюдается высокая плотность популяций типичных видов – гигрофилов – дождевых червей. В августе в связи с сухой погодой и резким уменьшением влажности почвы (в 4 раза по сравнению с июлем) количество видов беспозвоночных во всех педоценозах умень-

шается в два раза. При этом резко падает плотность популяции дождевых червей (в педоценозах «тополевый» и «вязовый» в два раза, а в педоценозах «шелковичный» и «дубовый» в 3 раза. В сентябре в 2–3 раза уменьшается количество видов почвенных беспозвоночных, а плотность их популяций уменьшается в десятки раз во всех педоценозах. Это связано с дальнейшим уменьшением влажности почвы и переходом большинства видов почвенных беспозвоночных в диапаузу с уходом в более глубокие почвенные слои.

Биологическое разнообразие беспозвоночных, определенное по формуле Симпсона, в 2011 году последовательно уменьшается в ряду: *Ispis* педоценоза «тополевый» > *Ispis* педоценоза «вязовый» > *Ispis* педоценоза «шелковичный» > *Ispis* педоценоза «дубовый».

Выводы:

1. Даже небольшие различия в разновидностях почвы (суглинистая и легкосуглинистая) определяют существенные различия в видовом составе и биологическом разнообразии почвенных беспозвоночных.
2. Из почвенных факторов помимо гранулометрического состава доминирующим является абиотический фактор (влажность почвы): при ее увеличении в видовом составе одного и того же педоценоза преобладают гигрофилы, а при уменьшении – ксерофилы.
3. Наиболее благоприятные экологические условия и наибольшее биологическое разнообразие в педоценозах «тополевый» и «вязовый».
4. С изменением абиотических условий в педоценозах Кицканского леса (по месяцам) меняется экологическая структура почвенных беспозвоночных.

УДК 595.1:591.1(470.324)

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЯХ (OLIGOSCHAETA, LUMBRICIDAE) ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА

Негробова Е.А., Удоденко Ю.Г.

Воронежский государственный университет, lena-negrobova@yandex.ru

На территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника зарегистрировано 6 видов дождевых червей: *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Eisenia nordenskioldi*, *Lumbricus terrestris*. Все они, за исключением *E. nordenskioldi*, относятся к группе космополитов.

В черноольшаннике зарегистрировано 5 видов дождевых червей: *D. octaedra*, *D. rubidus tenuis*, *L. rubellus*, *E. fetida*, *E. nordenskioldi*, *L. terrestris*. Доминантом по численности является *L. terrestris*. Как субдоминантов можно выделить *E. fetida* и *D. octaedra*.

Максимальное количество *L. terrestris* особей отмечается в мае, минимальное в июле.

Максимальная численность *D. octaedra* и *E. fetida* зарегистрирована в мае и августе. Единичные особи отмечены в июне–июле и в сентябре–октябре исключительно в корнях деревьев и под камнями. *E. nordenskioldi* и *D. rubidus tenuis* фиксировались с апреля по октябрь, достигая максимальной численности в августе.

В осиннике отмечено 3 вида дождевых червей: *D. octaedra*, *L. rubellus*, *L. terrestris*. Как доминанта можно выделить *D. octaedra*, максимальное число особей данного вида фиксировалось в мае и августе. Наибольшая численность *L. terrestris* и *L. rubellus* отмечалась в мае.

В дубрава обнаружено 4 вида дождевых червей: *D. octaedra*, *L. rubellus*, *E. fetida*, *L. terrestris*. Явным доминантом является *E. fetida*. Как субдоминанта можно выделить *L. terrestris*. Максимальное количество особей *E. fetida* и *L. terrestris* было зафиксировано в мае. Единичные особи попадались в июле–августе. Пик численность *D. octaedra* и *L. rubellus*, приходится на август.

В борах было зарегистрировано 2 вида дождевых червей: *L. rubellus* и *L. terrestris*. В данном биотопе явных доминантов по количеству выявлено не было. Пика численности *L. rubellus* и *L. terrestris* достигали в мае.

Черви для анализа на ртуть отбирались в 4-х биотопах – бор, дубрава, осинник, черноольшаник, расположенных на разных элементах рельефа Воронежского заповедника.

Средняя длина червей из всех биотопов составила 6,1 см, и варьировала в пределах 2–14 см. Статистически достоверной зависимости содержания ртути в червях от их размера установлено не было. Черви от 5 см и крупнее анализировались по трем частям – передний конец тела, середина и задний конец тела.

Среднее количество ртути в червях варьирует в зависимости от биотопа. Наиболее высокие концентрации металла определены в дождевых червях, обитающих в ольшаниках (0,617 мг/кг) и борах (0,581 мг/кг). Значительно меньшими концентрациями характеризуются черви дубрав (0,294 мг/кг) и осинников (0,19 мг/кг). Выявлена достоверная связь между средним содержанием ртути в теле червя и биотопом.

Установлено, что ртуть в червях распределена не равномерно. Максимальная средняя концентрация характерная для средней части тела – 0,449 мг/кг. В заднем конце она составляет 0,309 мг/кг. Минимальное среднее содержание зафиксировано в передней части тела – 0,267 мг/кг. Разница между содержанием ртути в переднем и заднем конце тела с серединой статистически достоверна.

Установлена статистически достоверная зависимость средних концентраций ртути в червях и количеством органического углерода в почве. В случае если при расчеты включать ольшаники, то наблюдается положительная зависимость ($r = 0,42$; $p = 0,00$). Ольшаники исключить из расчетов то зависимость приобретает обратный характер ($r = -0,42$; $p = 0,00$).

УДК 631:461

**ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ
МИКРОАРТРОПОД И МИКРОМИЦЕТОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ
РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ
(ТВЕРСКАЯ ОБЛ.)**

Рахлеева А.А.¹, Семенова Т.А.²

¹*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, testacea@mail.ru;*

²*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
tashino@mail.ru*

В процессе разложения древесины принимает участие целый комплекс организмов. Механическое измельчение древесины ведется в основном беспозвоночными животными. Разрушая древесину, они активизируют деятельность грибов и бактерий, которые оказывают энзиматическое воздействие. Микроартроподы играют большую роль как вторичные разрушители растительных остатков и потребители микрофлоры. Уже проведен ряд исследований, показывающих, что численность и видовое разнообразие этих животных в древесине достаточно высокие. Считается, что в естественных условиях наибольшую роль в процессах минерализации древесины играют базидиальные дереворазрушающие грибы. В то же время из древесины на разных стадиях разложения выделяются типичные почвенные микромицеты, известные как активные продуценты целлюлаз и полифенолоксидаз, которые так же могут участвовать в деструкции лигно-целлюлозных комплексов древесины наряду с базидиомицетами. На

каких этапах разложения древесины происходит заселение ее микромицетами, как влияют на их численность микроартроподы, какие между ними возникают взаимодействия – вопросы малоизученные. Для изучения этих процессов начато многолетнее исследование комплексов микроартропод и микобиоты древесины ели из ветровалов разных лет на территории ЦЛГПБЗ (Тверская область).

Для исследования были отобраны образцы еловой древесины, пролежавшей в почвах более 100 лет, а также из ветровалов 1960, 1987 и 1996 годов. На первом этапе работ обнаружено, что основу комплекса мелких беспозвоночных животных составляют клещи и коллемболы. Их численность достигает в некоторых случаях до ста процентов от общей, причем на долю клещей приходится от 62 до 100%. Среди клещей преобладают орибатиды. Их доля составляет от 20 до 89% от общей численности клещей (в среднем 75%). Среди прочих групп были обнаружены улитки, пауки, многоножки, кокциды, жесткокрылые, двукрылые. Личинки двукрылых в разлагающейся древесине большинства участков входят в состав доминантного комплекса и составляют 8–17% численности, в отличие от проб фоновых почв. Необходимо отметить, что исследованные стадии разложения древесины с 13 до 50 лет сложно четко разделить по общему составу микроартропод. Необходима видовая идентификация, планируемая в ходе выполнения данной работы. По всей видимости на этих стадиях идет постепенное заселение микрофауны наиболее интенсивно разлагающихся частей деревьев, от поверхности вглубь древесины. Явные различия в составе микрофауны проявляются на стадии 100 лет. Здесь состав микрофауны расширяется. В разлагающейся древесине уже присутствуют типичные почвенные обитатели – улитки, пауки, многоножки, что может свидетельствовать о завершающих стадиях разложения.

Отмечено отсутствие микромицетов и базидиомицетов во внутренних слоях древесины на ранних стадиях разложения (1996 г.), заселение грибами коры елей и начало распространения мицелия в древесине через механические повреждения (ходы жуков и т. п.). В дальнейшем (1987 г.) выявлено обильное развитие ксилотрофных базидиальных грибов по всей толще дерева; микромицеты отмечены только в поверхностных слоях. На более поздних сроках разложения (1960 г.) микромицеты отмечаются по всей древесине наряду с ксилотрофными базидиомицетами. Виды микромицетов, отмеченные в древесине на этих стадиях, являются типичными для почв исследуемых участков, но набор видов, способных развиваться в древесине, ограничен.

УДК 591.5

РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕЛЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Сизова М.Г.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, ecology@bio.rsu.ru

Почвенный покров Ростовской области отличается большим разнообразием, что даёт возможность проследить приуроченность комплексов животных к разным условиям обитания на основе определения видового состава, структуры сообщества, плотности популяций и т. п. Мезофауна собрана с помощью банок-ловушек.

Чернозем обыкновенный – зональная почва степей. Характерен для Персиановской степи, никогда не распахивавшейся и находящейся в полосе разнотравно-дерновинно-злаковой обедненной степи (Октябрьский р-н). Здесь отмечено 34 вида. Доминируют жуки: жу-желицы (47,5% от общего количества видов), мертвоеды (19,15%) и кожееды.

Большая часть комплекса приходится на фитофагов (36,6%), затем идут хищники (26,6%), сапрофаги (23,3%), миксофитофаги (13,3%). Динамическая плотность беспозвоночных составила 12,81 экз./10 лов. сут.

Каштановые почвы формируются под влиянием сухостепной растительности – полынно-типчачово-ковыльной (Ремонтненский р-он). Территория изучаемого участка 15 лет назад использовалась под пастбище. Здесь зафиксировано 11 видов животных. Доминируют *Mylabris geminata* и *Gryllns* sp. Встречается краснокнижный вид *Scolopendra singulata*. В трофической структуре преобладают хищники (45,5%), за ними следуют фитофаги (27%), сапрофаги (18%). Миксофитофаги отсутствуют. Динамическая плотность равна 4,28 экз./10 лов. сут.

Солонцы являются интразональными почвами и встречаются в комплексах с другими почвами (Ремонтненский р-он). Главный регион страны распространения солонцов – районы с каштановыми почвами. В состав сообщества входят пять видов почвенных животных. Типичны для этих биотопов *M. geminate* и *сколопендра*. В трофической структуре доминируют хищники (60%) и фитофаги (40%). Сапрофаги и миксофитофаги не отмечены.

Серопески – интразональный тип почвы, сформировавшийся на песках (Шолоховский район). Они распространены среди черноземных почв. На серопесках исследовалось три биотопа.

1. Участок степи – ассоциация типчаково-ковыльная с полынком, на поверхности почвы распространены пятна лишайников и мхов. Растительный покров крайне изрежен.
2. Участок соснового бора. Травянистая растительность отсутствует. Из древесных пород произрастает только сосна обыкновенная.
3. Участок лиственного леса. Многообразие древесно-кустарных пород – вяз, ясень, клен, тополь, береза, боярышник – создает в лесу ярусность. Травянистая растительность плохо выражена из-за заболоченности и сильной увлажненности почвы.

На степном участке отмечены жужелицы, троксы, чернотелки, личинки пластинчатоусых (4 вида). В трофической структуре «господствуют» сапрофаги (75%) и миксофитофаги (25%). Отсутствуют фитофаги и хищники.

В лиственном лесу основная доля в трофической структуре (6 видов) приходится на хищников – жужелиц (71%), сапрофаги единичны (диплоподы). Динамическая плотность составляет 1,5 экз./10 лов. сут.

В сосновом бору отмечено всего три вида жужелиц и усачей. Доминирует *Poesilus sericeus*. Динамическая плотность равна 4,5 экз./10 лов. сут.

В целом динамическая плотность почвенных беспозвоночных на серопесках составила 11,5 экз./10 лов. сут. Доминирует семейство жужелиц (39%), на втором месте – семейство Trogidae (36,2%).

Таким образом, по степени убывания количества семейств и видов беспозвоночных вырисовывается экологический ряд местообитаний: чернозем обыкновенный – каштановая почва – солонец – серопески.

По динамической плотности животных, собранных на исследуемых участках, наблюдается иная картина: чернозем обыкновенный – серопески – каштановая почва – солонец.

Статистическая обработка материала выявила, что по показателям плотности, встречаемости и доминирования широко распространенными видами являются *Silpha obscura*: плотность 24,6%, встречаемость 30%, доминирование 16,73% и *Dermestes lanarius*, соответственно: 17,1; 30; 11,58%.

ЗОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЛЕМБОЛ В ПОЙМЕННЫХ ЛЕСАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Таскаева А.А.

Учреждение РАН, Институт биологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар,
taskaeva@ib.komisc.ru

Коллемболы пойменных экосистем Республики Коми представлены 95 видами, из которых 65 отмечены в средней, 58 – в северной и 40 – в лесотундре, что в 1.5 раза выше, чем в зональных биотопах. В целом, фауна ногохвосток вполне обычна, и большинство отмеченных здесь видов типично для таежной зоны европейского Севера-Востока России. В состав фауны входят голарктические и палеарктические, транспалеарктические, европейские, европейско-сибирские виды. В зональном плане фауна ногохвосток пойменных сообществ имеет ярко выраженный бореальный облик, высока доля полизональных видов. По числу видов наиболее разнообразны энтомобриоморфы и особенно изотомиды, к которым относится треть всех зарегистрированных видов. Подуроморфы также представлены значительным количеством видов, на лугах они преобладают. Симфиплеоны менее разнообразны и включают 7–8 видов в средней тайге и только 1–3 – в лесотундре. Средняя плотность населения коллембол в аллювиальных лесных среднетаежных почвах варьирует в пределах 4.3–96.7 тыс. экз./м², в северотаежных лесах – 3–187 тыс. экз./м², в лесотундре – 9–54 тыс. экз./м², что значительно превышает численность в зональных сообществах. В аллювиальных лесных почвах различных подзон преобладают те же виды, что и в плакорных типах леса: *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor*. Показано, что доминирующий вид в средней тайге *Folsomia fimetarioides* заменяется *Folsomia inoculate* в северной тайге, а в лесотундре – *Folsomia diplophthalma*, *Folsomia rossica*, являющиеся северными палеарктами. Однако в межгрядном понижении высокого уровня обилия достигают *Desoria blufusata*, *Anurida ellipsoidea*, а в отдельные сроки и *Isotomurus fucicolus*, характеризующие данный биотоп как переувлажненный. Для комплекса коллембол характерны полночленные спектры жизненных форм (с преобладанием полупочвенной формы), хотя нейстонная группа присутствует только в лугово-болотной лесной почве. Выявлено, что ногохвостки в пойменных сообществах сосредоточены, главным образом, в лесной подстилке, как и в зональных биоценозах. Установлено, что в пойменных экосистемах

Севера формируются умеренно флуктуирующие сообщества коллембол, отличающихся от стабильных по размаху варьирования, прежде всего, спектров доминантов и жизненных форм.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие».

УДК 631.46

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ ДВУПАРНОНОГИХ МНОГОНОЖЕК (DIPLOPODA) ТИСО-САМШИТОВОЙ РОЩИ КАВКАЗСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Чумаченко Ю.А.

*Кавказский государственный природный биосферный заповедник, Майкоп,
alovs@radnet.ru*

Тисо-самшитовая роща представляет собой обособленный от основной территории Кавказского заповедника природный комплекс смешанных широколиственных лесов Черноморского побережья. В роще сохраняется в первозданном виде третично-реликтовый лес с тисом ягодным (*Taxus baccata*) и самшитником (*Buxus colchica*), покрывавший Европу 18–20 млн лет назад.

Фауна двупарноногих многоножек этого участка Кавказского заповедника до сих пор не изучалась. В литературе (Головач, 1981; Golovatch, 1989; Головач, Энгхофф, 1990; Read, 1992) имеются указания на изучение диплопод на территории Кавказа. Однако конкретных указаний на находки в Тисо-самшитовой роще в этих работах отсутствуют.

Сбор материала проводился с марта по октябрь включительно почвенными ловушками Барбера в следующих типах фитоценозов: самшитнике широколиственном, тисо-букняке лавровишневом и букняке самшитовом (Ескина, Грабенко, 2004). На каждой площадке было выставлено по 10 ловушек.

За время исследования было накоплено 9000 ловушко-суток, в результате чего было отловлено 1262 особи диплопод. Согласно полученным результатам среди шести отрядов двупарноногих многоножек почвенной мезофауны тисо-самшитовой рощи явно преобладают Julida (3 семейства, 7 родов) и Polydesmida (2 семейства, 4 рода). На их долю приходится 52% и 28% соответственно от всех выявленных диплопод.

Всего за период исследований зарегистрировано 29 вида диплопод, относящихся к 11 семействам. Доминирующим семейством являются кивсяки (Julidae), представленные 11 видами: *Nemasoma caucasicum*, *Nopoiulus kochii*, *Pachyiulus krivolutskyi*, *Cylindroiulus pterophylacum*, *C.*

placidus, *C. curvicaudatum*, *Julus colchicus*, *Chaetoleptophyllum flexum*, *Megaphyllum dioscoriade*, *M. implicitum*, *M. sp.*

Вторым по видовому разнообразию отмечено семейство многосвязы (*Polydesmidae*) представленное 5 видами: *Polydesmus abchasius*, *Brachydesmus kalischewskyi*, *Br. furcatus*, *Br. karawajewi*, *Br. sp.*

Самым высоким видовым разнообразием – 23 вида при относительном обилии 136,0 экз./100 лов.-сут. отличался тисо-букняк лавровишневый с преобладанием крупноствольных тисов, где выявлен 401 экземпляр *Diplopoda*. Здесь выловлено максимальное число представителей семейств *Polydesmidae* (4 вида; 54,7 экз./100 лов.-сут.) и *Glomeridae* (4 вида; 22,3 экз./100 лов.-сут.) за сезон. Кивсяки же отдают предпочтение букняку самшитовому и самшитникам (8 видов; 67,1 экз./100 лов.-сут. и 9 видов; 70,0 экз./100 лов.-сут. соответственно за сезон).

Данные, полученные нами, показывают, что для каждой группы многоножек характерны свои особенности сезонной активности. У кивсяков наблюдается два выраженных пика активности – в апреле и октябре, при резком спаде в июле–августе. Максимальные показатели динамической плотности (53,3 экз./100 лов.-сут.) отмечены в апреле. Многосвязы (*Polydesmidae*) максимально активны в августе (26,3 экз./100 лов.-сут.), при некотором снижении осенью. Весной их плотность не превышает 10 экз./100 лов.-сут. опускаясь к июню до 1,4 экз./100 лов.-сут. Для представителей семейства гломеридий (*Glomeridae*) характерно повышение динамической плотности в июне-июле (до 11,7 экз./100 лов.-сут.), в остальные месяцы встречаемость низкая, не превышая 4,2 экз./100 лов.-сут.

УДК 631.427+591.9

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗООМИКРОБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ ПРИ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

Якутин М.В.¹, Андриевский В.С.¹, Лхагвасурен Ч.²

¹ИПА СО РАН, Новосибирск, yakutin@issa.nsc.ru;

²ХовдГУ, Ховд (Монголия)

Настоящее исследование было проведено в зоне пустынь Западной Монголии. Были изучены особенности распределения биомассы почвенных микроорганизмов, а также распределения видов панцирных клещей и их численностей по профилям основных типов почв на территории Озёрных равнин Западной Монголии.

Объекты исследования – четыре почвы в южной части Озерной равнины Западной Монголии – были выбраны во время совместной российско-монгольской экспедиционной. Все исследованные почвы расположены на территории Гоби-Алтайского аймака на одной катене длиной около 25 км. Катена начинается в нижней части северо-восточного склона хребта Дарвийн-Нуру. В аккумулятивной позиции катены находится озеро Шаргын-Цаган-Нур.

Почвы, выбранные в качестве объектов настоящего исследования составляют ряд, характерный для котловин южной части Гобийского Алтая. На более высоких элементах рельефа формируются светло-каштановые почвы (1). Ниже по высоте их сменяют бурые пустынно-степные почвы (2). Еще ниже находится пояс серых пустынных почв (3), занимающих основные территории в равнинной части Гобы. Самые низкие элементы рельефа занимают солончаки (4), лежащие на побережье постоянных или пересыхающих озер. В нашем случае солончак был выбран в 500 м от уреза воды пересыхающего озера Шаргын-Цаган-Нур.

Содержание С-биомассы, определенной SIR методом (Schinner, et al., 1996), было максимальным в верхнем (0-10 см) слое почвы 1 (20 мг С / 100 г почвы). В верхнем (0-10 см) слое в почве 2 и почве 3 этот показатель был, соответственно, в 1,4 и в 1,7 раза ниже, чем в почве 1. В слое 10-20 см достоверных различий между почвами по данному показателю установлено не было. В почве 4 отмечены минимальные значения С-биомассы среди всех изученных почв и в слое 0-10, и в слое 10-20 см (10 мг С / 100 г почвы).

При обследовании катенного профиля с целью выявления населения панцирных клещей всего было обнаружено 6 видов. Их численности находились в пределах от 40 до 300 экз. / м², что является нормальным для аридных экосистем. Малое видовое богатство свывается с малым запасом растительного опада и низким уровнем увлажненности.

В почве 1, отличающейся более значительными запасами влаги и корней, численность панцирных клещей в 3-8 раз превышала численность в следующих по степени увлажнения почвах 2 и 3. В почве 4 увеличивается степень увлажненности и запас растительного вещества, но также резко увеличивается и концентрация солей. Панцирных клещей становится здесь значительно больше, чем в почвах 2 и 3, но все же их обилие здесь гораздо ниже такового в незасоленных луговых почвах этой же природной зоны. В целом, обследование показало, что население панцирных клещей катенного профиля в пустынной зоне Западной Монголии достаточно бедно как по численности, так и по видовому богатству.

Таким образом, в результате проведенного исследования можно сделать вывод, что при снижении уровня увлажненности (увеличении аридности) и увеличении уровня засоления происходят существенные перестройки деструкционного звена биологического круговорота, основой которого является зоомикробный комплекс, в катенном ряду почв в зоне пустынь Западной Монголии. Происходит снижение и биомассы микроорганизмов, и численности панцирных клещей. При этом в более засушливых автоморфных почвах уровень снижения биомассы микроорганизмов ниже, а в менее засушливых гидроморфных засоленных – выше, чем уровень снижения численности панцирных клещей. Делается вывод, что при усилении ксероморфности почв все большую роль в процессах деструкции органического вещества начинают играть почвенные микроорганизмы.

Секция G

АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Председатель: акад. РАСХН В.Г. Минеев

УДК 631.454:631.582

**УПРАВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЕМ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРЕЗ ОПТИМИЗАЦИЮ СИСТЕМ
УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ**

Агеев В.В.¹, Есаулко А.Н., Сигида М.С.

¹*СмГАУ, Ставрополь, aesaulko@yandex.ru*

С 1976 года в зернопропашном севообороте стационара изучается влияние систематического ежегодного комплексного применения удобрений, способов обработки почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур 8-ми польного севооборота и плодородие чернозема выщелоченного. От закладки опыта в натуре стационар претерпевал модификации, а всего в нем осуществлено более 15 концептуальных изменений, вызванных состоянием науки и техники экспериментирования.

Чернозем выщелоченный, мощный, среднегумусный тяжелосуглинистый характеризуется средним содержанием – гумуса (5,2–5,9%), подвижного фосфора (18–28 мг/кг по Мачигину), и повышенным – обменного калия (240–290 мг/кг).

Относительно контроля (без удобрений) нами изучались следующие системы удобрений: рекомендованная (N50P58,75K_{6,25} + 5 т/га навоза); биологизированная (N42,5P₂₀K₀ + 8,2 т/га органических удобрений); расчетная (N80P78K9 + 5 т/га навоза).

Проведенные в период с 2000 по 2010 гг. исследования показывают, что изучаемые системы удобрения придают севообороту устойчивую продуктивность, сохраняют и повышают плодородие почвы, предотвращают возрастающий тренд продуктивности. С этой точки зрения для практики современного земледелия наиболее перспективными, в зависимости от уровня экономики, являются биологизированная и расчетная системы удобрения.

Насыщенность севооборота органическими удобрениями придает почве существенные влагонакопительные функции: нижний предел 5 т/га навоза с которого – влагонакопительные функции чернозема выщелочен-

ного начинают оптимизироваться, независимо от приемов размещения туков в почве; верхний предел (7,5 и более т/га) эффективность которого определяется приемами и глубиной размещения туков в почве.

На естественном агрохимическом фоне содержание гумуса в 0–20 см слое чернозема выщелоченного снижалось со среднегодовым темпом распада 0,013–0,018%. Рекомендованная и расчетная системы удобрений замедлили, но не устранили потери гумуса в пахотном слое почвы.

Рекомендованная и расчетная системы удобрения повышали кислотность почвенного раствора в 0–100 см профиле чернозема выщелоченного по сравнению с естественным агрохимическим фоном на 0,2–0,3 ед., а биологизированная система с насыщенностью 7–8 т/га органики в сочетании со средней насыщенностью севооборота минеральными туками поддерживает буферную способность чернозема выщелоченного на исходном уровне.

Гомогенный пахотный слой по содержанию подвижного фосфора формируется биологизированной и расчетным системами удобрения и размещения туков в обрабатываемом объеме почвы плугом с предплужниками и фрезой.

Биологизированная и расчетная системы удобрения поддерживали потенциал обменного калия в 0–20 см слое почвы и существенно (12–37 мг/кг) повышали его содержание в длительном периоде по сравнению с естественным агрохимическим фоном в зернопропашном севообороте. Темпы и направленность формирования запасов обменного калия в пахотном слое чернозема выщелоченного управляемы изменением насыщенности севооборота калием и выбором способа обработки.

Длительное применение систем удобрения на черноземе выщелоченном не загрязняет метровый профиль тяжелыми металлами (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni). Системы удобрения, изучаемые в стационаре, по данным мониторинга не влияли на содержание валовых форм тяжелых металлов, не привели к накоплению ТМ в исследованных горизонтах почвы и не представляют опасности превышения естественного фона (ПДК) в ближайшие сотни лет.

Наибольший эффект от взаимодействия систем удобрений и способов обработки почвы был получен на расчетной системе удобрений в сочетании с отвальным способом обработки – 45,7 ц/га з.е.

Прибавки от применения биологизированной системы удобрения по сравнению с контролем, оказались существенными (7,2; 5,8; 5,9 и 6,0 ц/га з.е.), а уровень продуктивности севооборота равен полученному от применения рекомендованной системы удобрения.

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ
УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА****Анисимова Т.Ю., Еськов А.И.***Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений
и торфа, Владимир*

Разнообразие химического состава и свойств торфа позволяет получать высокоэффективные органические и органоминеральные удобрения, применение которых способствует повышению плодородия почв и производству конкурентноспособной сельскохозяйственной продукции. Отдача от эксплуатируемых торфяников в последние десятилетия резко снизилась, тем не менее процесс осушения и освоения торфяных месторождений продолжается, преимущественно с целью торфодобычи на топливо и для производства компостов и питательных грунтов. Известно, что наиболее эффективным использованием торфа на удобрение является его компостирование с различными органическими материалами: навозом, пометом, сидератами и др. Использование торфа в чистом виде на удобрение, по мнению ряда исследователей, неэффективно.

В полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в качестве удобрений использовали различные торфяные компосты, а также торф в чистом виде. Органические удобрения вносили под первую культуру четырехпольного зернопропашного севооборота в дозах, содержащих 200 кг азота на 1 га. В результате исследований получены экспериментальные данные по изменению отдельных агрохимических показателей почвы пахотного горизонта за ротацию севооборота. Так, применение торфа в чистом виде привело к повышению обменной кислотности почвы на 0,2 единицы, повысилось значение гидролитической кислотности на 0,5–0,7 мг*экв/100 г почвы. В остальных вариантах опыта физико-химические свойства почвы остались на прежнем уровне. Содержание подвижного фосфора и обменного калия при использовании органических удобрений снизилось по сравнению с исходным на 25–40%, при этом в почве контрольного варианта убыль составила в среднем 60%. Использование испытуемых органических удобрений в сочетании с минеральными позволило повысить эффективность их применения. При этом был отмечен положительный баланс гумуса и питательных элементов в почве.

Наибольший прирост среднегодовой продуктивности севооборота без учета побочной продукции был отмечен при внесении торфопометного компоста и составил 11,2 ц /га з.е.

По фону минеральных удобрений возросла эффективность применения всех органических удобрений, применяемых в опыте, в том числе и торфа в чистом виде. При этом увеличение среднегодовой продуктивности севооборота было достоверным, наибольший прирост отмечен в вариантах при использовании торфопометного и торфонавозного компостов и составил 16,6–18,8 ц /га з.е.

Таким образом, применение органических удобрений на основе торфа и других органогенных материалов в зернопропашном севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве оказало влияние на агрохимические свойства почвы. Отмечен положительный баланс гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном горизонте почвы. Торф в чистом виде как удобрение по результатам исследований себя не реализовал, при этом было отмечено его подкисляющее действие на почву. Наиболее эффективно было применение органоминеральной системы удобрений. Минеральные удобрения повысили эффективность органических удобрений, в том числе торфа в чистом виде на 11–25%. Увеличение среднегодовой продуктивности севооборота было достоверным, наиболее эффективно было применение торфопометного компоста.

УДК 631.441: 631.8

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Багаутдинов Ф.Я., Казыханова Г.Ш., Пермькова Н.В.

ФГБОУ ВПО «Башкирский ГАУ», Уфа, Kamalovaliza@mail.ru

На черноземе выщелоченном изучали влияние бессменной культуры яровой пшеницы и 5-польного зернопропашного севооборота на его гумусное состояние. Исследовались также почвы под залежью и при бессменном паровании. Опыт заложен в 1958 году. Исследования проводились в 2009–2010гг. В вариантах с применением удобрений навоз вносили из расчета 7 т/га за ротацию севооборота, N60P80K70 кг/га д.в. ежегодно. Исходное содержание гумуса в почве составляло 12,1%.

Проведенные исследования показали, что количественные и качественные изменения гумуса тесно связаны с характером сельскохозяйственного

использования почвы. По отношению к исходному содержанию гумуса в почве под залежью ежегодное накопление гумуса составляет 0,03% к массе почвы. Пахотные почвы характеризуются декомпенсационным режимом функционирования. Ежегодные потери гумуса в пахотных почвах составляют 0,04–0,10%. Однако скорости потерь гумуса в зависимости от агрофона различны. Наибольшие потери гумуса наблюдаются при бессменном паровании почвы. В почве под монокультурой яровой пшеницы темпы потерь гумуса меньше, чем при использовании почвы в севообороте без удобрения. Внесение невысоких доз органических и минеральных удобрений замедляет, но не предотвращает потери гумуса в почве в условиях севооборота (доля пропашных культур 40%). В целом процессы накопления гумуса идут гораздо медленнее, чем процессы его минерализации, связанные с формированием биомассы культур и обработкой почвы.

Групповой состав гумуса за указанный период наблюдении существенных изменений не претерпевает. Различия в оптической плотности гуминовых кислот между вариантами опыта также и наблюдаются.

Исследование минерализации гумуса в режиме высушивание-увлажнение показало, что варианты опыта отличаются по начальной скорости минимализации гумуса, по времени достижения максимальной энергии процесса и уровню его наибольшей интенсивности. Необрабатываемая почва характеризуется наиболее быстрым развитием и высокой интенсивностью начальной скорости разложения гумуса. Этот параметр является наиболее значимой мерой активности микрофлоры по трансформации органического вещества в природных условиях ее питания в почве. Максимальный уровень активности выделения CO_2 в первые 5 часов после увлажнения из почвы под залежью был в 2–4 раза выше, чем из пахотных почв. Наибольшая интенсивность продуцирования необрабатываемой почвой CO_2 достигала через 10 часов минерализации. Минимальные минерализационные потери углерода из почв с внесением и без удобрений наблюдается через 1 сутки, при бессменной яровой пшенице – после 2-х суток, при паровании – спустя 3-х суток. Различие между вариантами опыта в достижении максимальной скорости разложения не превышает 2-х суток. Бессменный пар отличается наиболее низким уровнем микробиологической активности.

По относительному содержанию углерода микробной биомассы почвы различаются незначительно, но микроорганизмы из необрабатываемой почвы обладают большей физиологической активностью. Активность микроорганизмов зависит в большей мере от качественного состава гумуса, чем от его общего содержания. При этом микроорганизмы из

почвы под залежью отличаются большим содержанием углеводов, которые являются основным источником энергии для них. Более медленная скорость минерализации гумуса при бессменном паровании почвы объясняется снижением запасов легкометаболизируемого углерода. При относительно низком содержании лабильного гумуса минерализация более сложных по структуре гумусовых веществ требует больших энергетических затрат, что вызывает снижение интенсивности разложения гумуса и выделения CO_2 . Наибольшая эффективность биологического превращения углерода компонентов гумуса почвы характерна для залежи.

Бессменное возделывание яровой пшеницы в течение 50 лет привело к снижению урожайности на 60% по сравнению с почвой севооборота без внесения удобрений. При бессменном возделывании яровой пшеницы на низком агрофоне (без удобрений) происходит устойчивое снижение урожайности по мере увеличения продолжительности возделывания. Используемые дозы органо-минеральных удобрений в условиях проведения опыта обеспечивают получение урожая яровой пшеницы на уровне 30 ц/га.

Таким образом, характер сельскохозяйственного использования почвы отражается на начальной скорости минерализации гумуса, на уровне и времени достижения ее наибольшей интенсивности. Природные процессы накопления гумуса идут медленнее, чем процессы минерализации, связанные с формированием биомассы культур и обработкой почвы. Минерализационные потери углерода в зависимости от характера сельскохозяйственного использования чернозема выщелоченного составляют 0,4–1,0 т/га за май–август.

УДК 631.8:631.45 (1-925.11.116)

ПРИЁМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ В АГРОЦЕНОЗАХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Воронкова Н.А.

ГНУ Сибирский НИИ сельского хозяйства, Омск, sibniish@bk.ru

Анализ имеющихся в литературе данных свидетельствует, что удобрения являются одним из важных факторов определяющих особенности и интенсивность процессов гумусообразования. В современных условиях при рыночных отношениях объективная необходимость в разработке энергосберегающих агротехнологий, базирующихся на регулировании плодородия почв за счет применения биологических факторов, не

требующих больших затрат – посев многолетних бобовых трав, внесение навоза, заплата послеуборочной соломы и пожнивных растительных остатков при этом не умаляя значимости рационального применения химико-техногенных факторов.

Исследования проводились в стационарном опыте на основе шестипольного зернотравяного севооборота (люцерна 3-х лет использования, пшеница, пшеница, овес) закладки 1986 года в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднетяжелый среднегумусовый тяжелосуглинистый.

В зернотравяном севообороте, где 50% площади занимают многолетние бобовые травы (люцерна), прирост новообразованного органического вещества отмечался после каждой ротации и дифференцировался в зависимости от вида и дозы удобрений. Внесение навоза является одним из значимых приемов регулирования содержания гумуса в почве. После третьей ротации севооборота содержание гумуса в варианте внесения навоза в дозе 10 т/га севооборотной площади возросло на 0,26% в сравнении с исходным его количеством. Прирост гумуса в почве при совместном применении навоза и минеральных удобрений зависел в большей степени от дозы минеральных удобрений. В варианте N13P45 (на гектар севооборотной площади) + навоз содержание гумуса не значительно отличалось от фона, где использовали только навоз. Наибольший прирост гумуса был получен в варианте N28P65K28 + навоз, после третьей ротации севооборота содержание гумуса увеличилось на 0,41% (6,1%). Действие соломы на гумусовый режим, в дозе, не превышающей 2,0 т/га, было не существенно.

Фракционирование гумуса показало, что при внесении навоза и соломы доля фракций Гк-1 и Фк-1 снижается, а доля фракций Гк-2 и Фк-2 возрастает. Минеральные удобрения, наоборот приводят к росту доли Гк-1 + Фк-1, что свидетельствует об увеличении подвижности гумуса чернозема выщелоченного. Значительное преобладание гуматов кальция (фракция Гк-2) в вариантах с органическими удобрениями обусловлено дополнительным поступлением кальция в составе органического вещества, который после трансформационных процессов в почве, вступает в реакции солеобразования с гумусовыми кислотами.

Определение содержания лабильного органического вещества свидетельствует, что наибольшее количество мортмассы накапливается на фоне внесения N28P65K28 в комплексе с соломой – 1,37 т/га, что на 28% выше, чем в варианте без удобрений. Преимущество вариантов комплексного применения минеральных удобрений и соломы определялось суммарным возвратом органического вещества в почву. Следует отметить, что

при использовании соломы, как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений наблюдалась тенденция увеличения мортмассы в почве.

Корреляционная связь урожайности яровой пшеницы с запасами мортмассы в слое почвы 0–25 см была на уровне высокой ($r = 0,81$) и описывалась уравнением прямолинейной регрессии. Обогащение почвы мортмассой, активизирует почвенную биоту, оптимизируя условия минерального питания, что в конечном итоге способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 0,53–0,77 т/га зерна.

Таким образом, для сохранения почвенного плодородия, наряду с прогрессивным повышением урожайности сельскохозяйственных культур, решающее значение имеет использование в земледелии региона ресурсосберегающих агротехнологий, предусматривающих комплексное использование биологических ресурсов и рациональных доз минеральных удобрений.

УДК 631.412: 631.445

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ РАСПАШКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ОВОЩНОМ АГРОЦЕНОЗЕ

Галеева Л.П.

*ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
Новосибирск, saniya-galeeva @yandex.ru*

Распашка целинной серой лесной почвы и ее 15-ти летнее использование в овощном агроценозе за счет ежегодного оборачивания и перемешивания верхних горизонтов и остаточного оподзоливания приводили, с одной стороны, к увеличению мощности гумусово-элювиального горизонта почвы, с другой, – к облегчению гранулометрического состава пахотного слоя от средне- до легкосуглинистого, обусловленного уменьшением в 2 раза фракции мелкой пыли и незначительным увеличением ила, при существенном увеличении мелкого песка. При этом наблюдалось заметное подкисление пахотного слоя почвы и незначительное подпахотного за счет уменьшения обменных оснований и кальция, обусловленное увеличением их выноса овощными культурами и ежегодным оборачиванием слоя почвы при вспашке. Содержание и запасы гумуса не изменялись в пахотном слое и незначительно уменьшались в подпахотном. Количество ГК, связанных с подвижными полуторными оксидами и кальцием (фракция 1 и 2) не изменялось, а доля ГК, связанных с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами (фракция 3) возростала более чем в 2 раза. Подвижность ФК (3) увеличи-

валась в 2 раза, пополняя долю ФК (2), что улучшало качество гумуса, увеличивая соотношение Сгк:Сфк с 0,9 до 1,3. Отношение С:N в пахотном и подпахотном слое серой лесной почвы не изменялось, а в ниже лежащих слоях оно уменьшалось. Содержание нитратного азота в пахотном слое, несмотря на потребление его овощными культурами, не изменялось, обеспеченность им оставалась низкой, а запасы его в метровом слое не превышали таковые в целине. Отношение С:Р при распашке целинной почвы уменьшалось с 16 до 11, существенно увеличивая степень подвижности фосфора и его запасы (легкодоступный фосфор по Карпинскому, Замятиной), которые превышали оптимальные. Содержание подвижного фосфора не изменялось в пахотном слое почвы (среднее) и уменьшалось в подпахотном, а показатель окультуренности пахотного слоя при этом возрастал с 0,5 до 3,1. Сумма минеральных фосфатов возрастала на 39, а их активных фракций – на 79%, при этом содержание фосфатов Са – P1 и Са – P2 фракций за счет большого содержания ила и пыли в гранулометрическом составе почвы возрастало в 2 раза и улучшало фосфатный режим почвы. Распашка серой лесной почвы и ее 15-ти летнее использование для бессменного возделывания овощных культур уменьшала на две градации обеспеченность серой лесной почвы обменным калием (с очень высокой до повышенной).

УДК 631.47

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ ЯКУТИИ

Гермогенова А.Ю., Алексеева А.В.

ГУ РАПИС МСХ и ПП РС (Я), nastjonysh@hotmail.com

Согласно результатам агрохимического обследования пахотных угодий Республики Саха (Якутия), проведенного в 2006–2010 гг. на площади 101,7 тыс. га, составляющей 97,6% общей площади пахотных земель, основными типами почв являются мерзлотные палевые (51,4% площади обследованных пашен), дерново-глееватые (24,7%), аллювиальные дерновые (11,2%) и лугово-черноземные (6,3%) почвы. В рамках обследования для корнеобитаемых горизонтов (0–20 см) определялись содержание гумуса, реакция среды, содержание доступных форм фосфора и калия.

В природных ландшафтах обследованные типы почв характеризуются различными уровнями плодородия. Мерзлотные палевые почвы, наиболее распространенный тип почв в сельскохозяйственных районах Якутии (Центральные и Юго-Западные районы), развивающиеся на высоких над-

пойменных террасах рек, наименее плодородны из рассматриваемых. Для корнеобитаемых горизонтов этих почв характерно низкое и среднее содержание гумуса, нейтральная или щелочная реакция среды, пылевато-комковатая структура, наличие карбонатов, иногда осолоделость. Мерзлотные дерново-глееватые почвы, занимающие участки надпойменных террас крупных рек на древнем аллювии, более плодородны и отличаются высоким содержанием гумуса (до 12%), наличием признаков оглеения, низким содержанием подвижных форм азота и фосфора, имеют нейтральную реакцию среды верхних горизонтов. Мерзлотные аллювиальные дерновые почвы в целинном состоянии развиваются на центральной пойме крупных рек и отличаются хорошими агрохимическими и физическими свойствами: высоким содержанием гумуса и питательных элементов, хорошей почвенной структурой, благоприятным легкосуглинистым механическим составом, достаточной полевой влажностью. Мерзлотные лугово-черноземные почвы характеризуются высоким содержанием гумуса, щелочностью, засоленностью верхних горизонтов, низкой полевой влажностью и отличаются высоким потенциальным уровнем плодородия.

Освоенные почвы этих типов в целом характеризуются низким уровнем плодородия. Пахотные горизонты освоенных почв в основном имеют светло-палевую или светло-серую окраску, зачастую бывает уплотнены, пылеваты, иссушены. Среди почв пашен преобладают почвы с низким и средним (до 6%) содержанием гумуса, щелочной реакцией среды (более 7,6 ед. рН), низким и средним (до 200 мг/кг) содержанием подвижных форм фосфора и калия. Различия в средневзвешенном значении содержания гумуса для перечисленных типов почв довольно значительны. Наибольшим содержанием гумуса отличаются мерзлотные аллювиальные дерновые почвы – 5,2%. Пахотные горизонты освоенных дерново-глееватых и лугово-черноземных почв в среднем содержат 4,4–4,6% гумуса. Палевые почвы пашен в верхних горизонтах содержат 3,4% гумуса. Средневзвешенные значения рН близки для всех типов почв и варьируют в пределах 7,9–8,2 ед. рН. Содержание подвижных форм фосфора лежит в пределах 105–113 мг/кг для всех типов почв за исключением мерзлотных лугово-черноземных, в которых этот показатель составляет 175 мг/кг. Средневзвешенные значения содержания легкодоступного калия варьируют от 141 до 174 мг/кг для всех типов почв, кроме мерзлотных аллювиальных дерновых, для которых этот показатель снижается до 114 мг/кг.

Заниженные по сравнению с природными, агрохимические характеристики пахотных почв обусловлены отчасти наследованием свойств естественных почв: регрессивно-аккумулятивного гумусового

профиля, карбонатности и осолоделости, – отчасти низким уровнем проведения агротехнических мероприятий. Ухудшение агрохимических показателей в процессе длительного использования без внесения удобрений выражается в снижении содержания гумуса, макроэлементов и подщелачивании пахотного горизонта. Своевременное проведение агротехнических мероприятий и систематическое применение удобрений стирает разницу уровней естественного плодородия, обусловленного принадлежностью к типу почв, и в целом способствует повышению плодородия пахотных почв.

Названия типов почв даны по локальной классификации Л. Г. Еловской 1987 года.

УДК 635:21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ГУМАТНОГО ТИПА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Головков А.М.¹, Черкашина Н.Ф.¹, Хуснетдинова Т.И.¹, Балабко П.Н.²,
Карпова Д.В.², Батурина Л.К.².

¹УО ПЭЦ МГУ им. М.В.Ломоносова, Московская область, tamara_iul@rambler.ru;
²МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Повышение плодородия почвы на основе сохранения и рационального использования сельскохозяйственных земель с целью создания условий для увеличения объемов производства качественной сельскохозяйственной продукции является одним из приоритетных направлений в реализации государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020годы». Поиск и разработка приемов повышения урожайности и качества культурных растений без увеличения доз минеральных удобрений являются актуальными. Таким направлением в земледелии является биологизация, её технология предполагает изыскание природных компонентов для повышения плодородия почвы, оптимизации питания с целью повышения урожая и улучшения его качества, а также получения экологически чистой продукции с наименьшими затратами. Использование дерново-подзолистых почв без пополнения запасов органического вещества и элементов питания существенно снижает их плодородие. Недостаток традиционных форм органических удобрений (навоз, помёт и другие) заставляет искать новые виды органических материалов и включать их в современные агротехноло-

гии. В связи с этим появился ряд нетрадиционных органических удобрений, таких как «БИОУД-1», гуматы, вермикомпосты и другие. Сравнительное действие нетрадиционных органических удобрений «БИОУД-1» и гумистима проводили на фоне минеральных удобрений на почвах разной степени окультуренности. Двукратная внекорневая подкормка органическими удобрениями привела к увеличению урожайности картофеля как на хорошо – так и на средне окультуренной почве. В опыте с органическим удобрением «БИОУД-1» урожайность в среднем за три года возрастала у сорта Удача на 22,4%, сорта Брянский деликатес на 8,3%, сорта Сантэ на 20,3% по отношению к фоновому варианту. В опыте с удобрением гумистим прибавка урожая возрастала соответственно по сортам на 14,8, 19,1 и 10,9%. На средне окультуренной почве урожайность картофеля была ниже в 2,1–5,6 раза по сравнению с хорошо окультуренной почвой. Условия выращивания картофеля оказали влияние не только на урожайность, но и на его качество. Процентное содержание крахмала в клубнях картофеля изменялось как от действия нетрадиционных органических удобрений, плодородия почвы, так и от сорта. В годы исследований содержание крахмала сортов Удача, Брянский деликатес и Сантэ возрастало на 0,25–0,49% на хорошо окультуренной почве в опыте с удобрением «БИОУД-1». Применение гумистима привело к увеличению крахмала в клубнях всех сортов картофеля, кроме сорта Удача. На средне окультуренной почве в среднем за три года в клубнях картофеля сортов Удача и Брянский деликатес увеличилось процентное содержание крахмала при опрыскивании растений удобрениями «БИОУД-1» и гумистим, но у картофеля сорта Сантэ прослеживается некоторое снижение содержания крахмала по сравнению с фоновым вариантом. Таким образом, отмечается положительное влияние окультуренности почвы на качество урожая испытываемых сортов картофеля.

В среднем за годы исследований наиболее отзывчивыми на органические удобрения на хорошо окультуренной почве были сорта Сантэ и Брянский деликатес. Активно отзывались на удобрение «БИОУД-1» на средне окультуренной почве сорта картофеля Удача и Сантэ, а сорт Брянский деликатес на гумистим. Следует отметить, что питательные элементы жидкого органического удобрения более продуктивно используются растениями картофеля и повышают количество крахмала в клубнях.

УДК: 633.15:631.816.21

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТАВРОПОЛЬЯ И ЧЕРКАСЩИНЫ

Гречишкина Ю.И.¹, Демиденко В.Г.², Кривда Ю.И.²

¹*Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, lnwg@mail.ru;*

²*Государственное учреждение Черкасский центр Облгосплородоруде
Холоднянский, Himcentr@ck.ukrtel.net*

Реализация генетического потенциала пшеницы предусматривает управление развитием элементов продуктивности, в достижении которых важная роль принадлежит удобрениям. При внесении микроудобрений необходимо учитывать их содержания в почве, требования культуры, возможное влияния на их подвижность системы земледелия, химических мелиорантов, температуры и других факторов. Потенциал продуктивности и уровень морозо- зимостойкости пшеницы озимой закладывается в осенний период, поэтому обработка семян микроэлементами – необходимый элемент технологии.

В Ставропольском крае, при обработке семян и посевах, используются композиции микроэлементов с регуляторами роста и биопрепаратами: Микромак, Микроэл, гумат натрия и калия, гумисол, Лигнас, Лаварин, азотовит, фосфатовит, ЖУСС и другие. Удельный вес микроудобрений от общего объема внесения минеральных удобрений составлял в 2009 году – 3,6%, в 2010 году – 6,6%. Под урожай 2010 года их внесено на площади более 1,1 млн га.

В 2010 году агрохимцентром «Ставропольский» и лабораторией агрохимического анализа СтГАУ были проведены исследования по выявлению эффективности новых препаратов Страда N, Биоклад и Нано-ГРО на продуктивность пшеницы озимой, которые дали положительные результаты.

Применение жидких микроудобрений позволяет достигнуть экономии эксплуатационных затрат на 11% и затрат труда – на 20%, по сравнению с раздельным внесением того же количества питательных веществ в виде твердых удобрений. В опытах по изучению эффективности микроудобрений, производимых ООО «ВолскиБиохим», наибольшую продуктивность пшеницы озимой обеспечивало совместное применение препаратов «Микромак» и «Микроэл». Зависимо от фона

питания средняя прибавка в урожайности зерна, относительно контроля, составила 6,5–8,5 ц/га.

Преимущества жидких микроудобрений, в частности, Микромак и Микроэл эффективно использует одно из ведущих хозяйств Ставропольского края – СПК «Луч» Новоселицкого района. Вносят их не только в баковых смесях, но и в чистом виде. Для уточнений сроков проведения внекорневых подкормок и корректировки питательного раствора проводится листовая диагностика.

Государственное учреждение Черкасский центр Облгосплородорие (Черкасская ЗАЛ – участник Географической сети опытов с удобрениями и X Международного конгресса почвоведов) наряду с эколого-агрохимической паспортизацией земель, разрабатывает проекты сохранения плодородия почв и удобрения сельскохозяйственных культур. Наивысшие урожаи пшеницы озимой в Украине – на Черкащине, средний урожай за 2011 г. на площади 235 тыс. га составил 41,6 ц/га, однако проблема качества зерна не решена. Основной причиной падения белковости пшеницы является снижение содержания в почве гумуса. В период исследований В.В. Докучаева (1886–1887 гг.) почвы региона содержали около 5% гумуса, а пахотный слой почв фольварка М.Смелянка имения графа О. Бобринского содержал 5,4%, а в IX туре исследований (2006 г.) – 2,8% .

Опыты с применением хелатных микроудобрений НПЦ «РЕАКОМ»: Реаком-СР-Зерно, Реаком Плюс проводились с озимой пшеницей: Краснодарская 99, Батько, Золотоколосая, Подольнка, Фаворитка, Ларс на разных фонах питания с внесением аммиачной селитры, КАС и карбамида. Выявлены сортовые реакции на нормы, строки и формы минеральных удобрений. Применение микроудобрений Реаком СР-Зерно, Реаком Плюс обеспечивало улучшение хлебопекарных качеств зерна пшеницы на I–II класса.

Усложняет решение проблемы изучения эффективности удобрений в Черкасской области недостаточное финансирование полевых опытов и приборов для функциональной диагностики растений типа спектрофотометр «Аквадонис».

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Есаулко А.Н.¹, Гречишкина Ю.И.², Подорогин В.А.

¹ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет;

²ГНУ Северо-Кавказская овощная опытная станция Всероссийской НИИ селекции и семеноводства овощных культур, lnwg@mail.ru

В задачи исследований входило изучить действие различных форм азотных удобрений на динамику реакции почвенной среды и содержания основных элементов питания в пахотном слое почвы в течение вегетации озимой пшеницы.

Исследования проводились в период с 2007 по 2010 годы на территории опытной сельскохозяйственной станции Ставропольского государственного аграрного университета. На всех вариантах опыта в межфазный период выход в трубку-колошение отмечалось подкисление реакции почвенного раствора, и разница с исходным показателем составляла от 0,12 до 0,24 ед. Максимальному подкислению реакции почвенной среды способствовало применение аммиачной селитры и аммиачной селитры с добавкой фосфогипса. Разница с контролем составляла 0,62 и 0,11; в фазу колошения – 0,66 и 0,53; полной спелости – 0,33 и 0,52 ед. соответственно. Применение известково-аммиачной селитры вне зависимости от срока отбора проб не оказывало достоверного влияния на изменение реакции почвенного раствора.

Динамика содержания форм минерального азота в 0–20 см слое почвы в течение вегетации озимой пшеницы на контрольном варианте характеризовалась непрерывным снижением его к концу вегетации с достижением минимальных значений к фазе полной спелости. Формы азотных удобрений оказывали достоверное влияние на содержание нитратов в 0–20 см слое почвы только в фазу выхода в трубку, увеличивая его концентрацию к контролю на 0,9–4,3 мг/кг почвы. На протяжении анализируемого периода вегетации подкормки всеми формами азотных удобрений, за исключением карбамидо-аммиачной селитры и известково-аммиачной селитры, способствовали существенному увеличению содержания аммонийного азота, и разница к фону составляла: 2,3–9,6 – в фазу выхода в трубку; 3,2–6,6 – и 2,4–5,7 мг/кг почвы соответственно, колошения и полной спелости. В течение всех фаз вегетации культуры максимальное и достоверно превышающее контроль содержание нитратов в почве обеспечивало применение известково-аммиачной селитры, а аммонийного азота – мочевины и мочевины с добавкой гумата.

Все формы азотных удобрений, за исключением аммиачной селитры с добавкой фосфогипса и вариантов с карбамидо-аммиачной селитры, достоверно увеличивали расход подвижного фосфора и обменного калия, а их содержание в почве на вариантах с азотной подкормкой уступало контрольному на 0,5–4,1 и 13–20 мг/кг в фазу выхода в трубку; 2,3–3,9 и 14–35 – в фазу колошения и 2,4–4,1 и 21–29 мг/кг почвы в фазу полной спелости соответственно. Наименьшее содержание фосфора, несущественно отличающееся от других вариантов с подкормкой, отмечалось на варианте с применением мочевины с добавкой гумата, а обменного калия – с аммиачной селитрой.

УДК 631.4

СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ КАРБОНАТНОМ

Жердев Ю.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, juricrosbi@mail.ru

Ростовская область входит в зону территорий с высоким процентом земель сельскохозяйственного назначения, то есть земель, систематически используемых для получения сельскохозяйственной продукции. Для нее характерны высокоплодородные мощные предкавказские карбонатные черноземы, которые используются в земледелии почти полностью. Несмотря на это, использование пашни ежегодно сокращается. Основной причиной этого стали почвообразовательные процессы, направленные в сторону деградации почв, уменьшения питательных веществ как за счет недостаточного внесения минеральных и органических удобрений, так и за счет нарушения структуры севооборотов с преобладанием пропашных культур, выносящих значительное количество питательных элементов. Озимая пшеница – одна из наиболее требовательных зерновых культур к факторам внешней среды, по сравнению с яровыми более урожайна, а в летний период лучше переносит засуху, что немаловажно для Ростовской области. Ведущая роль в формировании ее высокой продуктивности принадлежит наличию в почве сбалансированного минерального питания.

Целью данной работы явилось изучение сортовой специфики минерального питания озимой пшеницы. Исследования проводились в условиях полевого опыта на государственном сортоиспытательном участке

«Целинский» Ростовской области. Территория госсортоучастка «Целинский» входит в зону с полусасушливым климатом, умеренно жарким летом и умеренно холодной зимой. За год выпадает 410–460 мм осадков, ГТК = 0,7–0,76, среднегодовая температура 8,7–9,5 градусов, сумма температур за активно-вегетационный период – более 3400 градусов. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Основная обработка почвы складывалась из следующих приемов: лущение растительных остатков, вспашка, две культивации, посев с прикатыванием. Удобрения вносились дробно. Осенью в качестве основного удобрения использовали сульфоаммофос (100 кг NPS 20x20x12), первая подкормка проводилась по мерзло-талой почве аммиачной селитрой (100 кг/га), второе внесение осуществляли в фазу кушения сеялками (100 кг/га селитра марки Б). Повторность опыта четырехкратная, размещение вариантов опыта рендомизированное. Выращивались следующие сорта озимой пшеницы: Аскет, Бригада, Вершина, Гром, Иришка, Калым, Кларийон, Курень, Менестрель, Регата, Ростовчанка 7, Этнос, Юка. Образцы почвы отбирались по фазам вегетации озимой пшеницы: кушение, выход в трубку, молочная и полная спелость. В образцах почвы определяли содержание нитратов в почве с помощью ионоселективного электрода, обменного аммония методом с реактивом Несслера, подвижного фосфора методом Мачигина.

В результате проведенных исследований установлено, что в фазу кушения озимой пшеницы отмечалось очень высокое содержание минерального азота в почве. В течение вегетации количество азота снижалось под всеми изучаемыми сортами. В конце вегетационного периода (фаза полной спелости) обеспеченность почвы этим элементом была в пределах средней градации. Наиболее значимое снижение показателя происходило в вариантах с сортами Иришка, Курень и Юка, минимальное под сортами Калым и Кларийон, Аскет и Бригада.

Содержание подвижного фосфора в почве в фазы кушения и выход в трубку озимой пшеницы находилось в пределах высокой градации. При этом отмечено, что максимальное по опыту количество подвижного фосфора пришлось на фазу выход в трубку. К концу вегетации изучаемый показатель понижался, при этом наиболее существенно под сортами Калым, Иришка и Менестрель.

Таким образом, наибольшим потреблением минеральных соединений азота и фосфора из почвы характеризуются сорта озимой пшеницы Калым и Иришка.

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Завалин А.А.¹ Крамарев С.М.², Минкина Т.М.³, Кравченко К.А.⁴

¹*Россельхозакадемия, Москва otdzem@mail.ru,*

²*Институт сельского хозяйства степной зоны НААН Украины, Днепрпетровск, Украина,*

³*Южный федеральный университет, Ростов на Дону, minkina@sfedu.ru; krataryov@yandex.ua;*

⁴*Днепропетровский государственный аграрный университет, Днепрпетровск, Украина imptorgservis@ukr.net*

В Украине 23 номенклатуры почв и 1147 их видов (Сайко В.Ф., 2008). Среди них наибольшую площадь занимает зональный тип почв степной зоны Украины – чернозем (Chernozems, Blackearths). Согласно статистическим данным, в Украине сконцентрировано 26 млн 566 тыс. га черноземных почв (44% от общей площади Украины или 6,7% от мировых запасов черноземов) (Носко Б.С., 2006). А площадь сельскохозяйственных угодий с черноземными почвами составляет 23 млн 198 тыс.га или 5,9% от мировых черноземов (Городний Н.М., 2008). Составной частью степной зоны является северная Степь. Черноземы обыкновенные являются основной генетической группой почв в северной Степи Украины. На этой территории черноземы обыкновенные занимают площадь – 9 млн 159 тыс.га, что составляет 81,1% от общей площади этой зоны. С этой площади 7 млн 903 тыс.га находится в постоянной обработке. Среди черноземов обыкновенных встречаются такие подтипы: малогумусные – 6173 тыс. га (50,3%) и среднегумусные – 3 785 тыс. га (30,8%).

Гумусное состояние черноземов является главным признаком их плодородия. Гумус является важным источником питательных веществ в почве. В черноземных почвах в нем сосредоточено 98% общего азота и больше 50% фосфора. В черноземах обыкновенных постоянно проходят два параллельно идущих процесса: минерализации и гумификации. Современное гумусное состояние этих почв – результат многовековой эволюции под влиянием антропогенной деятельности человека. Об изменении содержания гумуса свидетельствуют циклы обследования почв. Первый цикл агрохимического обследования почв проведенный в (1966–1970 гг.) установил содержание гумуса в пахотном слое почв этого региона 4,54%. Второй цикл агрохимического

обследования почв (1971–1975 гг.) отметил постепенное снижение его содержания до 3,33%. За четыре последующих цикла наблюдалась небольшая тенденция к увеличению его содержания: третий (1976–1980 гг.) до 3,50%; четвертый (1981–1985 гг.) – 3,62% и пятый (1986–1990 гг.) до 3,75%. А затем снова за три последующие цикла произошло снижение его содержания: шестой (1991–1995 гг.) – 3,65%; седьмой (1996–2000 гг.) – 3,57% и восьмой (2001–2005 гг.) – 3,54%. В настоящее время, этот показатель стал еще меньшим, и ныне составляет всего лишь 3,53% при оптимуме 4,3%. Все черноземы обыкновенные, которые относились в 30-е годы XX столетия к высокогумусным, в 80-е годы XX столетия трансформировались в разряд среднегумусных, а среднегумусные стали малогумусными.

При распашке черноземов обыкновенных и смене естественной растительности сельскохозяйственными культурами резко уменьшается количество органического вещества, поступающего в почву. Вместе с тем в пахотном слое возрастает интенсивность процессов минерализации органического вещества. В среднем в данном регионе ежегодное снижение гумуса составляет около 0,5–0,6 т/га. Целинные черноземы обыкновенные наоборот характеризуются высоким потенциальным плодородием. Но эффективное плодородие этих почв невысокое.

УДК 631.86

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА БАЗЕ ОТХОДОВ

Заманов П.Б., Алиева А.П., Пашаев Р.А.

Институт почвоведения и агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, ragim.pasha@aport2000.ru

Проведенные опыты свидетельствуют о том, что для сохранения плодородия и продуктивности почвы необходимо ежегодно вносить по 10–12 т/га органических удобрений, чтобы возратить в почву ежегодный вынос сельскохозяйственными растениями 75–80 кг/га азота, 25–30 кг/га фосфора, 60–70 кг/га калия, 500 кг/га растворимого гумуса и других элементов, в которых нуждаются растения, т. е. сохранить плодородие почвы. Каждая тонна органических удобрений содержит в среднем: 50–100 кг гумуса, 5–10 кг азота, 2,5–3,0 кг фосфора, 4–6 кг калия в чистом виде, а также микроэлементы и полезные микроорганизмы. Проведенные расчёты показали, что при наличии в Республике 1700000 га земель, занятых под сельскохозяйствен-

ные культуры необходимо вносить 20,5 млн тонн органических удобрений из расчёта 12 т/га. В Азербайджане ежегодно производство навоза не превышает 9 млн тонн, что может обеспечить только 750000 га площади. Один миллион гектаров земли долгие годы не удобряется, кроме того имеющийся в хозяйстве навоз употребляется под сельскохозяйственные культуры в парниках и теплицах. Основные культуры (хлопчатник, табак, кукуруза, зерновые, плодовые) более десятка лет не получают органические удобрения, что приводит к уменьшению количества гумуса, ухудшению агрохимических и структурно-агрегатных свойств почвы. Поэтому появляется острая необходимость изыскания новых источников органических удобрений, чтобы обеспечить все площади посевов Республики органическими удобрениями. Проведенные исследования и расчёты показали, что в Азербайджане имеется около 40 наименований органических отходов весом более 22 млн тонн, загрязняющих окружающую среду, которые после их переработки можно использовать в качестве органических удобрений. Научно-обоснованная переработка этих отходов методом биоконверсии и полученные при этом компосты не уступают по составу, действию и эффективности общеизвестному местному органическому удобрению-навозу. Проведенными анализами установлено, что 21,8 млн тонн этих отходов и загрязнителей окружающей среды содержат: 175820 т азота, 74600 т фосфора, 211600 т калия в чистом виде, более 6357000 т органических веществ, а также значительное количество микроэлементов и полезных микроорганизмов. Применение органических удобрений в различных формах и дозах под сельскохозяйственными культурами как сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза, томат, огурцы, сорго, перец, люцерна, бобовые, озимая пшеница, миндаль, виноград и маслину выявило экономическую эффективность использования таких удобрений. Исследования, проводимые на различных типах почв Азербайджана и применение этих органических удобрений способствовало увеличению содержания гумуса на 0,12–0,15%, суммы аммиачного и нитратного азота– 11,5–15,6 мг/кг, подвижного фосфора –8,7–10,2 мг/кг и обменного калия –40–60 мг/кг почвы, численности микроорганизмов – 3702,9–3810,8 тыс/гр и биологической активности – 15,4 мг/кг·час по сравнению с контролем без удобрений, что в свою очередь способствует повышению плодородия почвы и продуктивности, а также улучшению качества полученного урожая миндаля, винограда, маслины и перца. Использование органических удобрений, полученных на базе отходов выгодно как с экономической, так и с экологической точки зрения, при этом решается проблема дефицита минеральных удобрений, а отходы из опасного источника загрязнения превращаются в ценное сырьё для получения удобрений.

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЭПИБРАССИНОЛИДА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ Zn И Cd

Ильина И.И., Морачевская Е.В., Воронина Л.П., Якиева М.А.

МГУ им. М.В., Москва, iringale@gmail.com

Поскольку экологические проблемы связаны не только с тяжелыми металлами (ТМ), но и с высокими концентрациями биофильных элементов, сопоставление действия регулятора роста с Zn и Cd в эксперименте, представлялось актуальным.

Кадмий является сильным стресс-фактором и одним из главных природных токсикантов, с которым растения все чаще встречаются в связи с нарастающим антропогенным воздействием на окружающую среду. Цинк обладает слабой фитотоксичностью, которая обнаруживается только при существенном увеличении его содержания в почве. В результате цепи реакций, в которые ТМ (Cd) вступают на пути из корней в надземные части, характер их распределения по органам растений принимает следующий характер: наибольшая концентрация токсических элементов отмечается в корнях, далее идут стебли, листья, запасающие ткани и плоды (семена). По-другому происходит поступление и накопление биофильных элементов, таких как цинк, поскольку он активно участвует в метаболизме растений. Установлено, что повышенным его содержанием отличаются листья, генеративные органы и точки роста.

Большое влияние на поступление ТМ в различные органы растений оказывают РР. Работ по действию цинка и кадмия на их поступление в растения ячменя и роль в регуляции этих процессах эпибрассинолида (ЭБ) мало изучена.

Вегетационный опыт был заложен на дерново-подзолистой, слабокультуренной почве с опытного поля УОПЭЦ «Чашниково». Опытная культура ячмень сорта «Выбор» (*Hordeum vulgare* L.). Опыт выполнен в вегетационных сосудах объемом 2л. Цинковые удобрения внесены в дозе 25 мг/кг почвы в виде хелатной формы (д.в. 13%). Кадмий вносили в нитратной форме в дозе 10 мг/кг почвы. Концентрация ЭБ $10^{-7}M$, обработку проводили фолиарно в фазу кущения.

Внесение Zn привело к снижению биомассы соломы и зерна на 35 и 29% соответственно, при этом позитивного действия ЭБ в комплексе не выявлено. Внесение Cd привело к снижению биомассы соломы (на 13%) и увеличению массы зерна (на 43%). Фолиарная обработка ЭБ на фоне Cd сопровождалась увеличением биомассы соломы (на 7%) и не повлияла на изменение урожая зерна.

В настоящее время содержание Zn в зерне не нормируется, в эксперименте его содержание колеблется в пределах 45–50 мг/кг в соломе и 30–40 мг/кг в зерне. Фолиарная обработка ЭБ на фоне Zn не повлияла на его содержание в соломе, но снизила поступление в зерно с 42 мг/кг до 32 мг/кг (на 24%). ПДК кадмия в зерне зерновых и зернобобовых культур не должна превышать уровня 0,1 мг/кг. При внесении Cd в почву его содержание в соломе и зерне существенно увеличилось и соответствовало 20,8 и 1,99 мг/кг. Применение ЭБ не повлияло на содержание Cd в зерне, но снизило поступление его в солому до 17,8 мг/кг (14%).

Изучение способов регуляции распределения Cd и Zn с помощью стероидного фитогормона позволит не только разработать новые способы получения экологически чистой продукции в экологически неблагоприятных районах, но и раскрыть связь действия ЭБ с транспортом ионов в растениях.

УДК 631.4(470.56):631.95

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНОГО УРАЛА

Иманкулова А.М.¹, Мосина Л.В.²

¹РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, sakret-99@mail.ru,

²РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, vasenev@tillacad.ru

Одним из центров черноземья Южного Урала является Оренбургская область, где сосредоточен основной клин зерновых культур. Она отличается тем, что имеет наибольшее количество посевных площадей (2822 тыс. га) из всех областей Южного Урала. Такая интенсивная эксплуатация земель приводит к снижению плодородия почвы. Поэтому особое значение имеет проведение экологического мониторинга для данного региона. Однако в отечественной литературе имеются немногочисленные разрозненные данные о состоянии почв данного региона. В этой связи для Оренбургской области впервые проведен комплексный экологический десятилетний мониторинг черноземов выщелоченных и обыкновенных под покровом основных с/х культур: яровая пшеница, ячмень, горох, подсолнечник, кукуруза. В качестве почвенно-экологических параметров учитывали: гумус почвы, кислотность, основные элементы питания (азот, фосфор, калий, магний, кальций). Принимая во внимание масштабы загрязнения окружающей природной среды тяжелыми металлами (ТМ), в программу мониторинга включали определения ТМ (Pb, Fe, Co, Mn) в почве. Исследования проводили в условиях полевых экспериментов в основных с/х районах Оренбургской области – Октябрьский и Кувандыкский

районы. Почвенный покров изучаемого участка в Кувандыкском районе представлен черноземом обыкновенным малогумусным маломощным тяжело-луглинистым, в Октябрьском районе – черноземы обыкновенные карбонатные террасовые тяжело-луглинистые. Гумусное состояние почв данных районов умеренное в пределах 5%. Содержание гумуса уменьшается быстрыми темпами: на 9% в Октябрьском и 10% в Кувандыкском районах. Во всех изучаемых районах почвы обладают кислотностью, близкой к нейтральной: в Кувандыкском районе $pH_{водный}=6,58$, в Октябрьском – $pH_{водный}=7,26$. Реакция почвенного раствора имеет тенденцию к увеличению: для Кувандыкского района. Наиболее подвержены к подщелачиванию почвы Октябрьского района. Изучаемые почвы обладают низким содержанием подвижного фосфора (в пределах от 4 до 14 мг/кг). Динамика фосфора за период исследования стабильна. Содержание калия во всех представленных районах уменьшается: за последние десять лет калий снизился на 1,2 мг/кг в Октябрьском и на 1,7 мг/кг в Кувандыкском районах. По содержанию доступных форм кальция и магния все изучаемые почвы характеризуются как низкообеспеченные – 0,2–0,5 мг/кг. Содержание этих элементов, подвержено постоянным колебаниям как в сторону уменьшения, и так и в сторону увеличения. Наиболее высокое содержание магния и кальция в почвах изучаемых районов отмечено в 2004 году – до 0,5 мг/кг. Содержание подвижных форм ТМ в почве увеличивается, особенно опасно увеличение свинца: его содержание в почвах Октябрьского района за десять лет возросло примерно в 2 раза (с 3,1 мг/кг до 7 мг/кг).

УДК 633.11«324»:631.529:631.82

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Калугин Д.В.¹, Цховребов В.С.², Фаизова В.И.³

¹ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, E-mail: stavpochvoved@yandex.ru,

²ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, tshovrebov@mail.ru

³ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, verafaizova@gmail.com

Существует необходимость в реминерализации чернозема выщелоченно-го, так как эти почвы представляют собой один из подтипов черноземов находящихся в первой стадии деградации. Основными недостатками черноземов выщелоченных является низкое содержание фосфора, калия, кальция, серы и микроэлементов, таких как марганец, молибден, кобальт, цинк и медь.

Недостаток фосфора обусловлен низким содержанием минералов класса фосфатов. Недостаток серы и калия обусловлен разрушением первичных минералов и их выносом при почвообразовании в низлежащие горизонты. Как правило, скопление гипса находятся на глубине около 2-х метров и более. Недостаток подвижных форм микроэлементов связан с их низким валовым содержанием и интенсивным выносом из почвы.

Исследования проводились на опытной станции Ставропольского агроуниверситета на черноземах выщелоченных мощных малогумусных тяжелосуглинистых сложенных на элювии лессовидных суглинков. В целях повышении плодородия почв вносились следующие горные породы: апатит (в дозе 1,5 и 3,0 т/га), известняк-ракушечник (6,0 и 12,0 т/га), фосфогипс (12,0 т/га), лессовидный суглинок (40 т/га). Апатит вносили для устранения дефицита фосфора, известняк-ракушечник для устранения недостатка кальция и некоторых микроэлементов, фосфогипс для устранения дефицита серы. Лессовидный суглинок является материнской породой для этих почв. В процессе почвообразования продукты выветривания удалены из почвенного горизонта и аккумулярованы в породе. Производили отдельное и совместное внесение горных пород. Опыт был заложен в 2006 году, а учет урожая озимой пшеницы проводился в 2011 году.

Наименьшая урожайность озимой пшеницы наблюдалась на контроле 42,1 ц/га. Внесение лессовидного суглинка увеличило урожайность на 5 ц/га и составила 47,1 ц/га. Применение известняка-ракушечника, как в минимальной, так и в максимальной дозе, также повысило урожай озимой пшеницы (46,8 и 48,4 ц/га). На вариантах с внесением апатита в дозах 1,5 и 3 т/га урожайность была 46,9 и 48,5 ц/га соответственно. Внесение фосфогипса так же повысило урожайность относительно контроля, которая составила 45,1 ц/га.

Наибольшая урожайность наблюдалась на вариантах с совместным внесением горных пород. Так применение известняка-ракушечника 6 т/га + апатит 1,5 т/га и известняка-ракушечника 12 т/га + апатит 3 т/га урожайность пшеницы составила 49,1 и 53,2 ц/га соответственно. На варианте с совместным применением известняка-ракушечника 6 т/га и фосфогипса 12 т/га урожайность бала 51,7 ц/га. Самая большая урожайность наблюдалась на варианте с внесением таких горных пород, как известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га составила 54,2 ц/га. Совместное внесение всех пород дало урожайность 53,5 ц/га.

Проведенные исследования урожайности озимой пшеницы в зависимости от способа реминерализации чернозема выщелоченного показали, что применение горных пород повышает урожай культуры.

**ФОРМЫ ФОСФОРА В ЧЕРНОЗЁМЕ ОБЫКНОВЕННОМ
СЛАБОДЕФЛИРОВАННОМ****Коробской Н.Ф.***ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
soil_kybgau@mail.ru*

По мере выщелачивания карбонатов и вытеснения катионов кальция из почвенного поглощающего комплекса количество фосфатов железа и аммония возрастает. Однако, в чернозёмах их немного – в обыкновенных 1,5–2% от валовых запасов фосфора, типичных – 2,8–6,7% и выщелоченных – 4,5–8,3%. Результаты наших исследований, проводимых на слабодефлированном обыкновенном чернозёме Новокубанского района Краснодарского края показали, что внесение суперфосфата обуславливает длительное увеличение содержания в почве как общего (валового), так и подвижного фосфора, а также урожайности озимой пшеницы. В течение 7 лет в почве сохранялся остаточный фосфор удобрений, что привело к изменению форм почвенных фосфатов. По варианту без удобрений (контроль) преобладающей формой соединений фосфора являлись фосфаты кальция. Первая фракция однозамещенных фосфатов (Са-Р₁) содержится в незначительном количестве (3,7 мг Р₂О₅ на 100 г почвы). Преобладают менее растворимые фосфаты второй фракции (Са-Р₂) и высокоосновные фосфаты кальция (Са-Р₃). Причем сумма фосфатов первых двух фракций (Р₁+ Р₂) составляет 36,3 мг Р₂О₅, что превышает содержание высокоосновных фосфатов кальция (30 мг). Содержание фосфатов алюминия (Al-Р) и железа (Fe-Р) незначительное.

После возделывания культурных растений в течение 7 лет, общая сумма минеральных фосфатов уменьшилась на 12,8 мг Р₂О₅ на 100 г почвы, причем фосфаты первых двух фракций (Р₁+ Р₂) уменьшились на 8,23, фосфаты алюминия на 0,5 и высокоосновные фосфаты кальция (Са-Р₃)- на 4,1 мг. Такой характер изменения в формах минеральных фосфатов по варианту без удобрений (контроль) говорит о том, что в первую очередь на питание растений используются фосфаты первых двух фракций (Р₁+ Р₂).

С течением времени в варианте без удобрений количество наиболее растворимых форм фосфатов (фракция Са-Р₁ и Са-Р₂) уменьшается, что приводит к ухудшению фосфорного режима почв, и естественно к снижению урожая. Для повышения урожая требуется улучшение фосфорного режима почв, что достигается внесением фосфорного

удобрения, после внесения которого по всем фосфорным фонам (P_{90} , P_{180} и P_{360}) содержание валовой и подвижной формы P_2O_5 , а также общее количество (сумма) извлеченных минеральных фосфатов выше, чем в варианте без удобрений. Чем выше доза вносимого фосфорного удобрения, тем выше содержание наиболее растворимых и усвояемых растениями фосфатов первой фракции ($Ca-P_1$), представленных преимущественно однозамещенными фосфатами кальция. Сравнивая содержания минеральных форм фосфатов в начале исследований с их содержанием после 7 лет наблюдений можно сказать, что по каждому фосфорному фону произошло уменьшение всех форм фосфатов, в наибольшей степени данная тенденция была характерна для первых двух фракций ($P_1 + P_2$), а в наименьшей – для фосфатов железа.

Таким образом, под влиянием фосфорного удобрения (суперфосфата) происходит улучшение фосфорного режима почв: возрастают запасы общего (валового) фосфора, содержание подвижного фосфора и увеличивается содержание всех форм почвенных фосфатов. Это и определяет высокое и длительное последствие фосфорного удобрения под озимую пшеницу.

УДК 631.4

ОСВОЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КАК ФАКТОР АГРОЭВОЛЮЦИИ (ИХ ПЛОДОРОДИЯ) В ФОРМАТЕ ЗОНАЛЬНО-ПОДЗОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

Королева И.Е.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, sveta@agro.geonet.ru

Объектами исследований были черноземы в Центрально-Черноземной полосе с севера-запада на юго-восток, чередующиеся в таком порядке: оподзоленный, выщелоченный, типичный, обыкновенный и южный. Всего 24 почвенных разреза, из которых взяты образцы по всему почвенному профилю до глубины 100–110 см (в отдельных случаях до 150 см) на целинных и (их аналогах) пахотных угодьях.

Цель – изучить в зональных рамках современное состояние черноземов, достигнутого в результате природного процесса и агроэволюцию при распашке.

Освоение (распашку) следует рассматривать как само собой разумеющийся тривиальный факт перехода от естественной (целина, залежь) к пахотной для дальнейшего изучения – последующего процесса развития

чернозема. Эволюцию почв можно проследить на количественном уровне по основной прикладной функции почв – плодородию. Содержание и формы питательных элементов в почве отражают в динамике характер почвообразовательного процесса и являются одним из основных диагностических показателей окультуренности и плодородия. Для оценки степени изменения по плодородию наиболее информативными являются следующие показатели: валовые запасы азота, фосфора и калия; подвижные формы биофильных элементов N, P, K; соотношение между подвижными и устойчивыми формами азота, фосфора и калия.

Анализ полученных данных о современном состоянии черноземов в физико-географическом аспекте (в рамках типа – подтипа) позволил сделать следующие выводы: – все подтипы черноземов различаются между собой по морфологическому, гранулометрическому составу и общим агрохимическим свойствам (в т.ч. гумуса); – содержание гумуса в черноземах неравномерно распределено по почвенному профилю (в слое 0–20 см сосредоточено 1/3 запаса метрового слоя); – в целинных черноземах до 50% запасов валового азота находится в слое 0–30 см (максимум – в типичных и обыкновенных – до 10 т/га и минимум в южных – до 5 т/га); – фракция негидролизующего азота по профилю чернозема не изменяется, составляя 70–80% общего азота (независимо от распашки); – наблюдается увеличение подвижного фосфора по почвенному профилю с глубиной.

Освоение черноземов вносит свои коррективы по всем показателям их свойств (определяющих эффективное плодородие): наблюдается увеличение всех форм кислотности; резкое увеличение содержания и запасов минерального азота в пахотном (0–30 см) и метровом слоях; уменьшение абсолютного и относительного содержания гидролизующих форм азота; снижение подвижного фосфора по профилю с глубиной; увеличение обменного калия.

При длительном сельскохозяйственном использовании черноземов без внесения удобрений наблюдается истощение запасов общего азота (показатель потенциального плодородия) в слое 0–30 см, которое для чернозема оподзоленного, выщелоченного, типичного, обыкновенного и южного составляет соответственно 27, 18, 7, 21 и 5% от исходных запасов общего азота (целины). Полученные данные могут служить для оценки степени деградации по плодородию и показателем направленности почвообразовательных процессов для дальнейшего изучения черноземов при увеличении степени антропогенной нагрузки (внесение удобрений и всех агротехнических составляющих).

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ДОНА

Кравцова Н.Е., Божков Д.В.

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону,
kravcova_n@mail.ru; bozhkov-dmitrii@mail.ru*

Интенсификация земледелия, а вместе с ним и всего аграрного комплекса, становится объективно необходимым условием современного развития сельского хозяйства и увеличения производства его продукции. Мировая практика, огромный опыт нашей страны показали решающую роль в этом деле удобрений. Их количество из года в год растет, а вместе с тем увеличивается и ответственность работников сельского хозяйства за рациональное использование туков. Требуется постоянное и детальное изучение условий, от которых зависит эффективность действия удобрений, как на величину, так и на качество урожая сельскохозяйственных растений.

Целью работы явилось изучение влияния удобрений на качество минерального питания озимой пшеницы. Исследования проводились в условиях полевого опыта, заложенного на территории учебно-опытного хозяйства Южного федерального университета «Недвиговка» согласно методике полевого опыта Доспехова. Повторность опыта четырехкратная. Почва участка - чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. В полевом опыте выращивали озимую пшеницу, сорт – Черноградка-11. Предшественник – чистый пар. Удобрения вносили согласно следующей схеме: 1. Контроль; 2. $N_{30}P_{30}K_{30}$ (Азофоска); 3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (Азофоска); 4. Барда; 5. $N_{30}P_{30}K_{30}$ (Кемира листовое); 6. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (Кемира листовое); 7. $N_{30}P_{30}K_{30}$ (Кемира листовое) + Барда; 8. $N_{30}P_{30}K_{30}$ (Кемира листовое) + Гумат калия; 9. Гумат калия. Для определения минеральных форм азота использованы стандартные методы. Содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли методом Мачигина. Учет морфо-биометрических показателей и структуры урожая осуществлялся по методике Церлинг. Качество зерна озимой пшеницы определяли в соответствии с ГОСТами, а так же с использованием прибора Инфралом ФТ-10. Данные по химическому составу растений обработаны с помощью интегрированной системы оперативной диагностики (ИСОД) и системы диагностики и рекомендации, разработанной Бофилсом.

В результате проведенных исследований установлено, что внесение удобрений положительно повлияло на показатели плодородия чернозема

обыкновенного карбонатного. Использование биопрепаратов не привело к достоверному увеличению содержания элементов питания в почве, но при этом увеличивался коэффициент использования элементов питания растениями из почвы в первый год исследований. Установлена достоверная зависимость урожая озимой пшеницы от содержания минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия в почве по фазам вегетации.

Наиболее важной и сложной проблемой является выбор доз и соотношений значимых макро- и микроэлементов, регламентирующих оптимальный уровень питания растений в течение всего вегетационного периода. В результате проведенной комплексной диагностики питания озимой пшеницы установлена разбалансированность содержания элементов по всем фазам вегетации. В фазу весеннего кушения озимой пшеницы наблюдался дефицит фосфора на вариантах, где были внесены биологически активные препараты, как самостоятельно, так и совместно с минеральными удобрениями. Азот в наибольшем дефиците в опыте находился в контрольном варианте. При внесении минеральных удобрений потребность растений в азоте частично удовлетворяется. В фазу полной спелости растения озимой пшеницы испытывали азотное голодание во всех вариантах опыта. Снижение биологической трансформации азота произошло в результате сильного иссушения почвенной толщи в летний период. В указанной фазе развития озимой пшеницы произошло изменение соотношения фосфора и калия, что обусловлено физиологическими особенностями потребления данных элементов.

В вариантах с минеральными удобрениями, бардой и гуматом калия увеличивался вынос Са и Mg из почвы озимой пшеницей. При внесении биологически активных добавок отмечена тенденция к увеличению выноса из почвы железа, алюминия и цинка растениями возделываемой культурой из почвы.

УДК 631.48

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Курган О.А., Кравцова Н.Е., Литвинов Ю.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, kravcova_n@mail.ru

Бурное внедрение в научные исследования геоинформационных технологий в последние десятилетия создало базис для развития новых методов инвентаризации почвенно-ресурсной информации, а также ее по-

следующего прикладного анализа. Геоинформационные системы используются для создания карт полей и первичного ввода информации в систему. Каждый слой электронной карты имеет связь с атрибутивной базой данных, содержащей соответствующую тематику слоя карты информацию по каждому контуру. Большой объем пространственной и атрибутивной информации качественно можно обрабатывать и анализировать только при помощи специального программного обеспечения, учитывающего как пространственную привязку, так и специальные сведения о полях. Систематические агрохимические исследования невозможны без использования современной цифровой картографической основы, материалов почвенных обследований, почвенных карт и картограмм обеспеченности подвижными соединениями фосфора, азота, калия.

Полигоном для проведения исследований стало учебно-опытное хозяйство Южного федерального университета «Недвиговка». Почвенный покров территории хозяйства является неоднородным. Условия почвообразования обусловили разнообразие почвенного покрова, помимо основных зональных почв (чернозем обыкновенный карбонатный) в плакорной части встречаются интразональные почвы – солончаки луговые. В пойме реки Мертвый Донец распространены луговые, лугово-болотные и болотные почвы. Отличительной чертой почвенного покрова является большое участие в нем эродированных почв, что обусловлено особенностями рельефа (склон южной экспозиции, пересеченный оврагами) и климата (преимущественно ливневый характер летних осадков, быстрое нарастание температур, ведущее к быстрому снеготаянию и т. д.). Особенности рельефа в значительной мере определили и неоднородность почвенного покрова, большое распространение в нем сочетаний. Проводилось почвенно-агрохимическое обследование территории хозяйства, закладывались почвенные разрезы, производился отбор образцов почв и их физико-химический анализ. В образцах почвы определяли минеральный азот, подвижный фосфор, обменный калий, гумус по Тюрину, содержание карбонатов кальция и магния, pH и др. Для восстановления почвенной карты и составления агрохимических картограмм учебно-опытного хозяйства использовали также материалы почвенного обследования 1983 г ЮЖГИПРОЗема и данные дистанционного зондирования, находящихся в открытом доступе (программа Google Earth). Работа по векторизации почвенной карты производилась с помощью программы – векторизатора Soil_Contour, программного продукта, разработанного творческой группой почвоведов, математиков и программистов на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

Особое внимание уделялось работе с легендой почвенной карты, поскольку на её основе строятся списки-классификаторы атрибутивных данных. В качестве атрибутивных данных выступают следующие классификационные единицы и признаки почв: тип, подтип, род, содержание гумуса, в%, мощность А+В, в см, каменистость почв, глубина засоления, солонцеватость, гранулометрический состав, почвообразующие породы. Полученный таким образом классификатор заносился в программу Soil_Contour. В процессе работы были уточнены границы почвенных контуров на основании современных космических снимков и внесены атрибутивные данные. Полученные материалы были импортированы в ArcGIS 9.3, где был проведен их первоначальный анализ и визуализация.

УДК 631.8:630:232.322.41:633.111.1

ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНО-КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Мудрых Н.М.¹, Mikayilov F.², Михайлова Л.А.³, Baskan O.⁴

¹ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, Пермь, nata020880@mail.ru;

²Selcuk University, Konya, Turkey, farizm@selcuk.edu.tr;

³ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, Пермь, kaf_agrochimii@bk.ru;

⁴Central Research Institute of Soil Fertilizer and Water Resources, Ankara, Turkey, ogbaskan@yahoo.com

Минеральные удобрения оказывают не однозначное влияние на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Специалистам сельского хозяйства необходимо уметь правильно подобрать оптимальные дозы элементов питания, которые обеспечат не только максимальную урожайность культур, но будут экономически и экологически оправданными.

Цель – определить влияние доз азотно-калийных удобрений на урожайность яровой пшеницы, возделываемой в условиях Предуралья.

Для достижения цели в 2011 году был заложен двухфакторный полевой опыт на учебно-опытном поле ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА по следующей схеме: фактор А – дозы калия ($A_0 - 0$; $A_1 - 30$; $A_2 - 60$; $A_3 - 90$); фактор В – дозы азота ($B_0 - 0$; $B_1 - 30$; $B_2 - 60$). Расположение делянок в опыте рендомезированное. Площадь общей делянки – 150 м^2 , учетной –

80 м². Из азотных удобрений использовали аммонийную селитру, калийных – хлористый калий. В опыте выращивали районированный сорт яровой пшеницы – Горноуральская Технология возделывания пшеницы общепринятая для Пермского края. Учет урожайности проводили в фазу полной спелости прямым методом. Почва – дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая среднекультуренная.

Учет урожайности показал, что вносимые удобрения привели к увеличению продуктивности испытываемой культуры. Так, на контрольном варианте (N0K0) урожайность составила 30,0 ц/га, а при внесении азотно-калийных удобрений – 35,0–38,7 ц/га. Без внесения калия при увеличении доз азота с 30 кг/га до 60 кг/га наблюдается увеличение урожайности с 36,4 ц/га до 37,5 ц/га. Аналогичная закономерность наблюдается и при внесении калия в почву. Математическая обработка результатов подтвердила, что урожайность яровой пшеницы в большей степени зависела от доз азота ($r = 0,82$) и в меньшей – от доз калия ($r = 0,34$).

Для установления оптимальных доз удобрения в сельскохозяйственное производство внедряют автоматизированные системы управления (АСУ) связанные с использованием новых методов при обобщении результатов полевых опытов с удобрениями. С этой целью широко применяют специальные эмпирические математические модели, которые в сжатой форме содержат информацию о количественной зависимости между урожайностью и дозами вносимых удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях.

Наши исследования показали, что для установления количественной зависимости между урожайностью и дозами удобрений в наших опытах лучшей математической моделью является параболическое уравнение. При применении двух видов удобрений (K, N) общий вид такой функции выражается следующим полиномом: $U = a_0 + a_1x + a_2y + b_1x^2 + b_2y^2 + cxy$.

По результатам опыта разработана модель зависимости урожайности яровой пшеницы от доз калия и азота, которая имеет следующий вид:

$$U = 30,00768 + 0,06009x - 0,00035x^2 + 0,246852y - 0,00192y^2 - 0,00069xy$$

($\eta = 0,9547$; $\sigma_{T/t} = 1,1981$; $\theta = 52,7987$; $\varepsilon = 1,4004$), где
x – дозы калия, кг/га, y – дозы азота, кг/га.

Используя данную модель установлено, что оптимальная дозы удобрений, при которых урожайность имеет максимальное значение 38,16 ц/га, найдена при K = 27,5 и N = 59,4 кг/га, что согласуется с нашими экспериментами.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПЕЛИНОГО ПОМЁТА

Никитская Н.И.¹, Машканцев С.С.²

¹ПГСХА им. Д.Н. Прянишникова, Пермь, natali_nikitska@mail.ru;

²ООО «ЭнергоРежим», Пермь

Одной из основных задач птицеводства является решение проблемы утилизации потенциально опасного загрязнителя окружающей среды – птичьего помёта, обеспечение экологического благополучия территорий птицефабрик и прилегающих к ним соседних земельных участков, лесов, водоемов и превращение помёта в сравнительно сильное, быстродействующее и полное органическое удобрение, богатое питательными элементами.

Биоэнергетические комплексы позволяют утилизировать отходы в зонах не только его производства, но и переработки, повышать качество окружающей среды, получать электроэнергию, производить дешёвые и экологически чистые органические удобрения. Всё это в свою очередь способствует восстановлению и улучшению естественного плодородия почв.

Одна из первых установок генерации биогаза УГБ-8 в Пермском крае была изготовлена фермером В.Н. Рашиным на перепелином производстве фермерского хозяйства для переработки птичьего помета и отходов. В этом хозяйстве кроме биогаза получают жидкое органическое удобрение «КОУД».

В 2010–11 гг. на кафедре экологии Пермской ГСХА им. акад. Д.Н. Прянишникова проведены исследования по изучению влияния различных доз перепелиного помёта и органического удобрения на растения и почву. Дана агроэкологическая оценка применения этих видов удобрений на почвогрунте и дерново-подзолистой почве в лабораторном опыте с применением тест-культуры (яровая пшеница).

Варианты опыта – различные дозы внесения сухого перепелиного помёта (1, 2, 3 т/га) и жидкого удобрения «КОУД» (5, 10, 15 л/100 м²). Контроль – вариант без внесения удобрений. Исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками.

В опыте выявлено, что на почвогрунте наибольшее влияние на всхожесть пшеницы по сравнению с контролем (96%) оказало внесение перепелиного помёта в дозе 2 т/га (98%) и удобрения «КОУД» – 10 л/100 м² (97%). На дерново-подзолистой почве всхожесть в контроле составила 95%, наибольший эффект от внесения удобрений выявлен при внесении 3 т/га сухого перепелиного помёта (99%) и удобрения «КОУД» в дозе 10 л/100 м² (98%).

При изучении биометрических показателей (высота и масса надземной части растения, длина и масса корней) наибольший положительный эффект (от 1,1 до 1,3 раза) получен при аналогичных дозах внесения по всем показателям.

Фитотоксичность относительно контроля выявлена на почвогрунте при внесении 1 и 3 т/га сухого помёта (1,7 и 12,0% соответственно) и 5 и 15 л/100 м² жидкого удобрения «КОУД» (6,9 и 10,3%), а при внесении удобрения «КОУД» в дозе 10 л/100 м² выявлена фитостимуляция. На дерново-подзолистой почве наблюдается только эффект фитостимуляции при всех дозах внесения от 16,7 до 34,0%. Причём наибольший эффект получен при внесении сухого помёта в дозе 3 т/га.

Внесение сухого перепелиного помёта и жидкого удобрения «КОУД» более чем в 2,5 раза снижают целлюлозолитическую активность исследуемого почвогрунта и дерново-подзолистой почвы.

В результате проведённых исследований можно рекомендовать для использования сухой перепелиный помёт в дозе 2т/га и жидкое удобрение «КОУД» в дозе 10л/100 м².

УДК 631.6

К МЕХАНИЗМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗВЕСТИ С ППК КИСЛЫХ ПОЧВ

Окорков В.В., Окоркова Л.А.

ГНУ Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии, adm@vnish.elcom.ru

Кислая реакция почвенной среды – одна из главных причин недобора урожаев сельскохозяйственных культур, их гибели при перезимовке, низких эффективности удобрений и содержания белка в зерне и кормах, экологического неблагополучия территорий. Особенно негативно сказывается на плодородии кислых почв повышенная концентрация обменного А1 (выше 4–5 мг/100 г почвы) как пахотных, так и подпахотных горизонтов. Она токсична для корневых систем многих культурных растений. В засушливые годы, когда верхний слой пересыхает, низкие значения рН и высокая концентрация обменного А1 мешают проникновению корневых систем растений в более глубокие слои почвы и использованию из них влаги, что резко снижает урожайность и окупаемость удобрений. Поэтому дозы извести, рассчитываемые на мелиорацию только пахотного слоя по полной гидролитической кислотности, могут оказаться недостаточно эффективными.

Далее, в настоящее время накоплены факты несоответствия механизма взаимодействия извести с ППК кислых почв классическим представлениям. В их основе вытеснение ионов водорода ионами кальция мелиоранта. Для ионов водорода обменной кислотности это не вызывает сомнения. Однако эта форма кислотности составляет невысокую долю гидролитической кислотности, на устранение которой рассчитывают дозы мелиоранта.

Нами были проведены модельные исследования в колонках, в 2 верхних разделяемых слоя которых (по 10 см) были внесены различные дозы доломитовой муки, в 2-х последующих слоях мелиоранта не было. Был выбран иллювиальный горизонт дерново-подзолистой почвы с содержанием ила и физической глины 18,4 и 30,4%, с pH_{KCl} 3,66, величинами обменной и гидролитической кислотностей соответственно 4,16 и 9,10 мг-экв/100 г почвы, обменного A_1 – 35,4 мг/100 г почвы. Через колонку пропустили количество дистиллированной воды, соответствующее половине годовой нормы осадков.

По сравнению с контрольной колонкой применение половинной дозы доломитовой муки снизило показатели кислотности лишь в слоях внесения: H_T в 2 раза, величины обменной кислотности и обменного A_1 – в 4–6 раз. Эта доза мелиоранта не обеспечивала понижения обменного A_1 до нетоксичной для растений величины. На снижение H_T почвы мелиорант был использован на 93,2%. Степень же гидролиза CO_3^{2-} -ионов по 2-м слоям колонки составила 95,6% (по 1-й ступени – 100, по 2-й – 91,2%).

Наиболее благоприятные показатели физико-химических свойств В1-горизонта создались при применении полной дозы мелиоранта. Коэффициент использования полностью растворившегося мелиоранта составил 80,8%, а степень гидролиза CO_3^{2-} -ионов – 79,6%. Передвигающийся ниже 20 см бикарбонат кальция и магния снизил показатели кислотности и в слое 20–24 см, увеличивая мощность корнеобитаемого слоя почвы.

По сравнению с одинарной дозой доломитовой муки применение двойной дозы ее существенно не улучшило параметры физико-химических свойств верхних слоев колонки, что связано с растворением половинной годовой нормой осадков лишь 60% внесенного мелиоранта. Коэффициент использования растворенного мелиоранта по сравнению с полной дозой его снизился до 67,6%, а степень гидролиза CO_3^{2-} – до 69,8%.

Таким образом, данные однозначно свидетельствуют об определяющей роли процессов гидролиза карбонат-ионов в снижении всех форм кислотности почвы в процессе мелиорации. При гидролизе CO_3^{2-} образуются ионы гидроксила и бикарбоната. Образовавшиеся гидроксил-ионы с ионами водорода почвенной кислотности образуют малодиссоциированное соеди-

нение (H_2O), а ионы Ca^{2+} становятся обменными при замене нейтрализованных ионов водорода. При высоких величинах почвенной кислотности происходит гидролиз карбонат-ионов и по 2-й ступени ($\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$) с образованием гидроксил-ионов и угольной кислоты.

УДК 631.8:581.1

РОЛЬ НАТРИЯ В ПИТАНИИ РАЙГРАСА ПРИ ДЕФИЦИТЕ КАЛИЯ

Павлов К.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, kirvpav@yandex.ru

Натрий обычно рассматривается как токсичный элемент для растений и крайне редко как питательный элемент. Хотя известно, что при определенных условиях он может заменять в растениях калий, а некоторые культуры более отзывчивы на калийные удобрения, содержащие натрий. Значение натрия в питании растений исследовалось в вегетационном опыте с райграсом многоукосным на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с низким содержанием доступного калия. Варианты опыта существенно различались по содержанию в почве азота и натрия. За два года было проведено 7 укосов райграса. С увеличением числа укосов содержание калия снижалось с 4,7 до 0,8%, азота с 5,6 до 0,8%, а натрия возрастало с 0,2 до 2,4%. Показано, что поступление натрия в растения в большей степени определялось обеспеченностью райграса калием, и в меньшей – содержанием натрия в почве. При близком уровне минерального питания и содержании натрия в почве содержание натрия в растениях увеличивается пропорционально снижению содержания в них калия. Таким образом, растения компенсировали недостаток калия в почве за счет натрия и поддерживали достаточно высокую продуктивность. При этом, по содержанию натрия в растениях можно диагностировать дефицит калия более надежно, чем по содержанию в растениях калия. Это связано с тем, что оценка уровня содержания калия в растениях зависит от их обеспеченности другими питательными элементами и особенно азотом. Чем лучше обеспеченность растений азотом, тем выше у них потребность в калии. При очень низкой обеспеченности азотом – содержание в растениях около 0,8%, даже содержание калия 1,1% было близко к оптимальному, на что указывало и низкое содержание натрия – 0,4%. Тогда как при хорошей обеспеченности азотом – содержание в растениях 1,9%, содержания калия 3,1% явно недостаточно, о чем сигнализировало высокое содержание натрия – 1,5%.

УДК 631.41

СТРУКТУРНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВЫСОКИХ ДОЗ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

Седых В.А., Лобанов А.Г.

РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, Москва

Применение высоких доз органических удобрений и, в частности, птичьего помета существенно изменяет свойства почв. По полученным нами данным, это обусловлено не только увеличением в почвах биофильных элементов (в первую очередь, азота, фосфора, калия), но в значительной степени поступлением в почву энергии и информации. Поступающие с органическими удобрениями в почву энергия и информация существенно изменяют матрицу почв (в том числе почвенный поглощающий комплекс), что определяет дальнейшую эволюцию почв. Это обусловлено, как значительным содержанием энергии во вносимом в почву органическом веществе, так и поступлением в почву большого количества микроорганизмов, изменением соотношения в почве отдельных групп микроорганизмов. Данные изменения приводят к соответствующей трансформации в почве органического вещества почв и вносимых органических удобрений, к образованию комплексных соединений поливалентных металлов, к появлению в почве большей доли отрицательно заряженных соединений катионов, к увеличению подвижности в почве катионов и анионов, к интенсификации их миграции в грунтовые воды и с испарением из почв в воздушную среду. При этом меняются и структурные взаимосвязи между свойствами почв, характеризующиеся вектором и скалярной величиной и оцениваемые по коэффициентам парной корреляции, уравнениям множественной регрессии, сумме значимых достоверных коэффициентов корреляции.

При анализе почв 17 птицеводческих хозяйств Московской области (640 определений) установлено, что внесение в почвы больших доз птичьего помета привело к увеличению в почвах отдельных полей содержания подвижных фосфатов до 1500 мг/кг, подвижного калия до 400 мг/кг, уменьшилась селективность органического вещества к кальцию, по сравнению с магнием.

Структурные взаимосвязи между свойствами почв отличались при содержании подвижных фосфатов более 500 мг/кг и менее 500 мг/кг; отличались для почв различного гранулометрического состава, для дерново-

подзолистых, серых лесных и торфяных почв, для почв отдельных агроклиматических районов Московской области.

Так, например, для дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы содержание подвижных фосфатов от содержания гумуса описывалось уравнениями: $Y = 82,2 + 434,5X$; $r = 0,52$; $Y = 356,9 + 873,5\ln X$; $r = 0,51$ при содержании подвижных фосфатов в почвах > 500 мг/кг. При содержании подвижных фосфатов 130–500 мг/кг $Y = 31,6 + 123,5X$; $r = 0,27$. Для дерново-подзолистой супесчаной почвы при высоком содержании фосфатов $Y = 1309,4 - 104X$; $r = -0,58$. При низком содержании фосфатов коэффициент корреляции был равен всего 0,05. Для почв более тяжелого гранулометрического состава зависимости были более значимые до $R^2 = 0,83-0,87$.

В разных интервалах зависимых и независимых переменных (гранулометрического состава, гумуса, pH) вид связи и степень тесноты связи показателей изменялись. Так, зависимость $P_2O_5 = f(pH)$ в интервале pH = 5–6,3 при содержании фосфатов 500–1250 мг/кг характеризовалась $r = 0,32$, $F = 5,7$. Аналогичная зависимость в интервале pH = 4,1–6,5 при содержании фосфатов 67–495 мг/кг характеризовалась $r = 0,67$, $F = 42,4$.

Изменение отдельных свойств почв от внесения органических удобрений на основе птичьего помета по данным статистической обработки и модельных опытов зависело также от биохимического и химического состава вносимых удобрений, их дозы, времени и способа внесения.

Зависимости хорошо описывались уравнениями множественной регрессии. Однако, так как разные независимые переменные имели неодинаковую размерность, то более правильно было их выражение в долях от оптимума (от 0 до 1), соответствующего модели плодородия почв. При изменении части независимых переменных коэффициенты в уравнениях регрессии и знак зависимости менялись. Это свидетельствует о необходимости указывать лимиты независимых переменных, для которых вычислялись уравнения. В ряде случаев проявлялись явления синергизма и антагонизма влияния независимых переменных на отдельные свойства почв.

СЕРА В ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА И ПРИМЕНЕНИЕ СЕРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Слюсарев В.Н.

*ФГБОУ ВПО кубанский госагроуниверситет, Краснодар,
soil_kybgau@mail.ru*

Среднее содержание валовой серы в гумусово-аккумулятивных и пахотных горизонтах чернозёмов, серых лесостепных, серых лесных, дерново-карбонатных и бурых лесных почв Северо-Западного Кавказа составляет соответственно 23,1–39,3; 30,5–40,3; 30,6–52,8; 34,3–37,1 и 18,5–26,5 мг/100 г почвы.

Среднее содержание минеральной серы в гумусово-аккумулятивных и пахотных горизонтах чернозёмов составляет 1,5–3,3, серых лесостепных – 2,0–3,4, серых лесных – 1,7–3,2 дерново-карбонатных почв – 1,7–2,0, а бурых лесных почв – 1,0–1,5 мг/100 г почвы. Наиболее активная часть минеральной серы представлена легкорастворимыми сульфатами, содержание которых в гумусово-аккумулятивных и пахотных горизонтах исследуемых почв колеблется в среднем от 0,27 до 1,77 мг/100г почвы.

Основная часть серы исследуемых почв находится в недоступной растениям резервной форме, которая в гумусово-аккумулятивных и пахотных горизонтах составляет 91–96% валовой.

По содержанию и запасам серы в пахотных и гумусово-аккумулятивных горизонтах исследуемые почвы объединены в три группы.

В группу с низкой обеспеченностью подвижными сульфатами вошли чернозёмы (за исключением чернозёмов южных), бурые лесные слабонасыщенные освоенные и ненасыщенные почвы, а также дерново-карбонатные почвы. Они содержат менее 0,6 мг/100 г почвы подвижной серы, валовой – 24,7–39,3 мг/100г почвы, из которой 2,2–6,2% приходится на минеральную форму. Запасы минеральной и подвижной серы составляют 47,5 и 9,58 кг/га. Сельскохозяйственные культуры, возделываемые на почвах этой группы, могут испытывать недостаток в серном питании в порядке возрастания их потребности к сере (зерновые – бобовые – крестоцветные).

В группу со средней обеспеченностью подвижными сульфатами вошли бурые лесные слабонасыщенные неосвоенные, светло-серые лесные почвы и чернозёмы южные. Количество подвижных сульфатов колеблется от 0,55 до 0,97 мг/100г почвы, валовой от 18,5 до 30,6 мг/100г почвы. На долю минеральной серы приходится 5,6–6,5% валовой. Запасы минеральной и подвижной серы составляют 46,0 и 23,4кг/га. Умеренный недостаток в сере на почвах этой группы могут испытывать только наиболее требовательные к ней культуры.

В группу с высокой обеспеченностью подвижными сульфатами вошли все подтипы серых лесостепных почв, а также тёмно-серые и серые лесные почвы. Они содержат в верхних горизонтах 1,75–1,77 мг/100г почвы подвижной серы, валовой – 30,5–52,8 мг/100г почвы, из которой 6,1–9,0% приходится на минеральную форму. Запасы минеральной и подвижной серы составляют 80,0 и 38,8кг/га. На почвах группы можно выращивать практически все культуры без применения серных удобрений.

Технологии выращивания озимой пшеницы, гороха, сои и люцерны на Кубани не обеспечивают необходимый уровень содержания подвижной серы в почвах. Они предусматривают поступление серы в почву, в основном, с органическими удобрениями и послеуборочными остатками, что создаёт отрицательный баланс элемента. В среднем, на одном поле 11-польного зерноотравнопропашного севооборота дефицит подвижной серы в чернозёме выщелоченном составил минус 9,5...минус 12,9 кг/га. Интенсификация технологий способствует его уменьшению, но не устраняет полностью, при этом нарушается азотно-серный баланс в метаболизме растений.

В целом, применение серных удобрений обусловлено содержанием подвижной серы в почвах и их свойствами, зависит от соотношения азота и серы в растении, а также его биологических особенностей и предшественника в севообороте.

УДК 631.47

СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ПОЧВ, КАК СРЕДСТВО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

**Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Панкратова К.Г., Салтыкова А.С.,
Митрофанов Д.К.**

ВНИИА имени Д.Н.Прянишникова Россельхозакадемии, Москва, vniia@list.ru

Стандартные образцы (СО) почвы – это средство измерения в виде природного вещества (почвы), несущее в себе достоверную информацию о характеристике материала. Используемые в агропромышленном комплексе СО почв включают в себя информацию о ряде характеристик (физико-химические показатели, показатели плодородия, показатели безопасности). СО почв применяют для контроля точности анализа, метрологической аттестации методик и средств измерений. Таким образом, использование стандартных образцов почв в системе агромониторинга и контроля качества агропродукции имеет фундаментальное значение. Для метрологического

обеспечения работ при агроэкологическом мониторинге и в рамках системы Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов ВНИИА имени Д.Н.Прянишникава Россельхозакадемии разрабатывает и внедряет в лаборатории АПК отраслевые, государственные и межгосударственные стандартные образцы (СО) почв, аттестованные на агрохимические показатели (фосфор, калий, сера, органическое вещество, величина рН, азот нитратов, азот обменного аммония, бор, молибден) и показатели токсикологического загрязнения (цинк, медь, марганец, никель, хром, кобальт, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк). Ежегодно, для пополнения банка стандартных образцов проводится анализ и прогнозирование потребностей в СО почв. В соответствии с этим формируются программы создания СО и планируются к разработке согласно первоочередной номенклатуре новые типы СО. В настоящее время в институте разработано, внедрено и находится в обращении 62 Межгосударственных, Государственных и Отраслевых СО разных типов почв. В стадии разработки находятся стандартные образцы почв загрязненных нефтепродуктами и засоленные почвы. Ведутся активные работы по международному сотрудничеству, создаются Межгосударственные СО, ведется работа по созданию СО почв в рамках Международной программы «КООМЕТ» с Государственными метрологическими учреждениями стран Евро-Азиатского сотрудничества (темы №415/RU/08, 503/RU/10). СО КООМЕТ используются в странах-членах КООМЕТ без дополнительных исследований и формальных процедур допущения к применению. Практический выход такого сотрудничества – это прежде всего повышение метрологического уровня и качества измерений в приоритетных направлениях сотрудничества, таких как испытание объектов окружающей среды, осуществление оценки собственного уровня аналитических работ по отношению к зарубежным партнерам. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ВНИИА имени Д.Н.Прянишникава в 2011 году аккредитован в качестве Организации-провайдера проверок квалификации лабораторий АПК (Свидетельство № к01.004 от 08.08.2011). Ежегодно институтом проводятся межлабораторные сравнительные испытания (МСИ) по анализу почв для оценки технической компетентности в 130 лабораториях АПК по 7 разработанным программам. Таким образом, во ВНИИА имени Д.Н.Прянишникава Россельхозакадемии создана и внедрена в лаборатории АПК система метрологического обеспечения качества аналитических работ с почвами, включающая методологию разработки и внедрения новых типов СО почв, разработку программ МСИ и систему внутрилабораторного контроля качества аналитических работ.

ВЛИЯНИЕ ЗОЛЫ ОТ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ

Субботина М.Г.¹, Мищикина О.С.²

¹*ПГСХА им. академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, subbotina@mail.ru;*

²*ПГСХА им. академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, lysova.olya@yandex.ru*

В качестве источника фосфора наряду с традиционными фосфорными удобрениями нами предложено использование отхода – золы, получаемой от термического обезвреживания биологических отходов. Данный отход содержит значительное содержание фосфора (14–23%), кальция, магния и других элементов питания, необходимых растениям. Практически весь фосфор в составе золы находится в усвояемой форме. Исследования проводили в вегетационном опыте с почвенной культурой, по стандартной методике, описанной З.И. Журбицким (1968). Схема опыта, предусматривала сравнительную оценку действия золы с фосфоритной мукой и суперфосфатом простым в дозе фосфора 0,15 г/кг абсолютно сухой почвы. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. В почвенных образцах определяли уровень потенциальной эмиссии CO₂ при температуре 28 С⁰ с добавлением и без добавления глюкозы, а также ферментативную активность каталазы. По величине активности базального и субстрат индуцированного дыхания определяли микробный метаболический коэффициент, С микробную биомассу. Математическая обработка полученных результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову (1985). Почва дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,3%; рНКС1 – 5,0; Нг – 2,7 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора 112 мг/кг почвы; обменного калия – 129,6 мг/кг почвы. Анализ почвы показал, что к концу вегетации основные агрохимические показатели существенно не изменились. По результатам исследований ферментативной активности каталазы можно отметить положительное влияние внесения удобрений на всех вариантах опыта, но в целом на степень обогащенности почвы ферментами влияния нет. Наибольший эффект оказало действие фосфоритной муки по сравнению с почвой до внесения удобрений, увеличение активности каталазы за вегетационный период гороха произошло на 1,1 см³/г/мин, на вариантах с золой и суперфосфатом гранулированным – на 0,6. На варианте с внесением золы интенсивность базального и субстрат индуцированного дыхания была максимальной, что свидетельствует о более высокой биохимиче-

ской активности микроорганизмов в почве при ее применении. Так, прибавка CO_2 базального дыхания по сравнению с суперфосфатом составила 0,03 мг/г почвы за 24 часа, а субстрат индуцированного – 0,06 мг/г. Наибольшее значение микробного метаболического коэффициента отмечено на варианте с внесением суперфосфата, что говорит об угнетающем действии этого удобрения на микроорганизмы почвы. С микробная биомасса на варианте с внесением золы составила 13,58 мг/г почвы, на варианте с фосфоритной мукой и контрольном – 12,38, а при внесении суперфосфата она была наименьшей – 11,18 мг/г почвы, что также подтверждает преимущество золы. Результаты исследований показали, что степень воздействия на устойчивость микробного сообщества на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве при внесении золы в сравнении с другими вариантами опыта ниже, что может быть ее преимуществом при использовании в качестве фосфорного удобрения под горох наряду с традиционными формами.

УДК 631.421.1: 631.452: 631.417.2

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Титова В.И., Архангельская А.М.

НГСХА, Нижний Новгород, titovavi@yandex.ru

Изучению количественных превращений органического вещества в почве посвящено много исследований. Особую ценность среди них представляют результаты длительных испытаний в опытных условиях.

Исследование проведено в условиях многолетнего опыта, заложенного в 1964 г. в учебном хозяйстве Нижегородской ГСХА «Новинки» на светло-серой лесной легкосуглинистой почве по схеме: Контроль без удобрений, N, P, NP, PK, NPK, NPK + Навоз, Навоз. С 1975 года половина каждой делянки опыта периодически известкуется, а площадь опытной делянки стала равна 125 м². В опыте используется зернотравяной севооборот с чередованием культур в севообороте: «озимая пшеница – картофель – ячмень – 2 года многолетних бобовых трав». В отдельные годы вместо ячменя высевали овес, вместо пшеницы – рожь, а при выпадении и плохой перезимовке клевера – викоовсяную или горохоовсяную смесь. Насыщенность удобрениями составляет 8 т/га подстилочного полуперепревшего навоза КРС и по 60 кг/га NPK (сульфат аммония, суперфосфат, хлористый калий) в среднем за 45 лет.

Установлено, что длительное применение азотных удобрений привело к подкислению почвы в сравнении с неудобренным вариантом, а применение полного минерального удобрения сдерживало этот процесс. Систематическое использование известковых материалов способствовало значительному улучшению физико-химических свойств и повышению содержания подвижных соединений фосфора и калия. Максимальную прибавку их содержания обеспечила органо-минеральная система удобрения: более 100 мг/кг по фосфору и почти 70 мг/кг по калию на неизвесткованном и известкованном фонах относительно 72 и 46 мг/кг соответственно на абсолютном контроле.

Использование удобрений в целом способствует сохранению запаса гумуса на всех вариантах. Максимальный прирост содержания гумуса обеспечило систематическое внесение навоза: за 45 лет ведения опыта 0,35% (24 относительных процента) на неизвесткованном и известкованном фонах в сравнении с контролем. Длительное внесение удобрений сопровождается изменениями в групповом и фракционном составе гумусовых веществ, а именно снижением первой фракции гуминовых кислот и увеличением второй и третьей. Отмечается тенденция снижения содержания наиболее агрессивной фракции фульвокислот (1а) при увеличении содержания второй фракции. Наиболее ярко такая динамика выражена в варианте с длительным внесением навоза. Тип гумуса оценивается как фульватно-гуматный, за исключением варианта с длительным внесением навоза, где он оценивается как гуматный. Наблюдается снижение содержания нерастворимого остатка в вариантах с минеральными удобрениями относительно контрольного варианта. Известкование на вариантах NPK и NPK + Навоз способствует увеличению отношения $C_{гк}$ к $C_{фк}$, а тип гумуса из фульватно-гуматного становится гуматным.

Применение азотных удобрений на неизвесткованном фоне привело к максимальному повышению содержания азота – на 0,004%, азотно-фосфорных удобрений и органо-минеральных удобрений – на 0,003%. На известкованном фоне наибольшее увеличение содержания азота обеспечило внесение полного минерального удобрения (на 0,005%).

Внесение полного минерального удобрения отдельно и совместно с навозом способствует расширению соотношения C:N и улучшению питательного режима почвы. В то же время сужение соотношения углерода к азоту на варианте с внесением полного минерального удобрения на известкованном фоне свидетельствует о повышении устойчивости данной почвы к антропогенному воздействию. В целом все варианты характеризуются одинаково «высоким» отношением углерода к азоту.

УДК 631.4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ

Ульянова О.А.

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск,
kora64@mail.ru*

В условиях недостаточной обеспеченности удобрениями агропромышленного комплекса Красноярского края поиск новых источников агрохимического сырья для производства удобрений является актуальным. Использование крупнотоннажных отходов деревообрабатывающей промышленности – коры разных видов деревьев для переработки в удобрительные композиции (УК) является перспективным. В регионе ежегодно образуется около 500 тыс. т коры. Существующие химические методы переработки коры не позволяют полностью утилизировать эти многотоннажные отходы деревообрабатывающих предприятий, поэтому поиск новых решений по внедрению в производство коры деревьев является весьма важным.

Целесообразность использования коры разных видов деревьев для производства удобрительных композиций очевидна в экологическом плане и обусловлена значительным ее почвенно-мелиоративным, гумусообразовательным и биоэнергетическим потенциалом.

К ценным природным ресурсам Сибири, улучшающим плодородие почв относятся цеолитовый туф, вермикулит, сапрпель, которые, по мнению, многих авторов могут применяться для приготовления удобрительных композиций.

На основе указанных агрохимических ресурсов и отходов птицеводства (птичьего помета), отходов деревообработки (коры разных видов деревьев) были подготовлены разнообразные удобрительные композиции и апробированы в технологиях выращивания полевых культур на почвах дерново-подзолистой, темно-серых лесных и черноземах.

Результаты проведенных исследований на дерново-подзолистой почве показывают, что короминеральные удобрительные композиции, подготовленные на основе еловой коры, способствуют повышению урожайности овса за счет увеличения озерненности колоса и массы тысячи зерен. КМК (короминеральная композиция на основе еловой коры) действует на продуктивность овса эффективнее навоза на 65%.

В мелкоделянчном опыте под действием внесенных в темно-серую лесную почву УК, приготовленных на основе сосновой коры (КПК – коропометная композиция, КМВК – короминеральноверми-

кулитовая композиция, ПП – птичий помет) получены достоверные прибавки зерна пшеницы к контролю, которые составляют в вариантах КМВК – 108%, ПП – 45%, КПК – 40%. При внесении этих же композиций под рапс, наиболее эффективна КПК, что обусловлено ее составом.

Наибольшая прибавка кукурузы, выращиваемой на черноземе обыкновенном, получена от внесения в почву КМВК, подготовленной на основе осиновой коры. Факторный анализ корреляционной матрицы подтверждает положительную связь урожайности кукурузы с абсолютными значениями содержания гумуса и его подвижных форм.

В полевом опыте применение КПК, приготовленной на основе сосновой коры и птичьего помета и внесенной в темно-серую лесную почву в чистом виде и на фоне минеральных удобрений, обеспечивает максимальные прибавки зерна пшеницы – 0,6–0,7 т/га к контролю. Урожайность зерна пшеницы в сильной степени зависит от содержания гумуса в почве ($r=0,88$) и в средней – от его водорастворимой формы.

Таким образом, использование удобрительных композиций, созданных на основе еловой, сосновой и осиновой кор с различными добавками, показывает их высокую эффективность при возделывании овса, пшеницы, рапса и кукурузы на дерново-подзолистой, темно-серой лесной почве, черноземе обыкновенном.

УДК 631. 873

СНИЖЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭУТРОФНЫЕ ТОРФОЗЕМЫ

Широкова Е.В.¹, Поздняков А.И.², Мусекаев Д.А.¹, Девина Т.П.¹

¹*Дмитровский филиал ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии, Дмитров,
shirokova_evg@mail.ru;*

²*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, antpozd@bk.ru*

Многолетние исследования по оптимизации питания овощных культур на эутрофные торфоземах Яхромской поймы Московской обл. Дмитровского р-на, сформированных на мощных древесных и древесно-осоковых торфах (группа А) и на торфоземах притеррасной части поймы, сформированных на мощных разнотравно-гипновых торфах (группа В) показали, что торфоземы группы А – наиболее плодородны: урожайность корнеплодов, например, моркови здесь достигает 390–557 ц/га, против 262–361 ц/га на торфоземах группы В.

Изучение динамики подвижных форм NPK в почве под морковь позволило выявить, что самый низкий урожай корнеплодов был получен при минимальном содержании подвижного фосфора в почве (до 20 мг/100г почвы), а самый высокий при его содержании более 20 мг/100 г почвы. При максимальном урожае корнеплодов соотношение фосфора к калию в почве было минимальным.

При проведении серии опытов по снижению норм удобрений отмечена эффективность невысоких доз фосфорно-калийных туков при их основном внесении под морковь, на уровне $P_{30-40}K_{60}$. Прибавки урожая корнеплодов в этом случае составили на торфоземах группы А 14.0–15.7%, группы В – 28.5–35.2%. Максимальную эффективность фосфорно-калийных удобрений для торфоземов группы А обеспечивала доза $P_{40}K_{60}$

($P:K = 1:1.5$); а для почв группы В – $P_{30}K_{60}$ ($P:K = 1:2$). Отличия в эффективности РК- удобрений под морковь на торфяных почвах групп А и В связаны, по нашему мнению, прежде всего с разными уровнями их исходного плодородия, а также с разными условиями увлажнения центральной и притеррасной частей поймы, что определяет различную подвижность фосфора в почве. Средняя величина УГВ торфоземов группы А равна 100–120 см, торфоземов группы В – 60–80 см. Для сухих лет УГВ может опускаться, соответственно, до 140 и 80–100 см.

Подтверждена неэффективность основного внесения азотных удобрений под морковь на торфоземах обеих групп А и В и эффективность некорневых подкормок посевов мочевиной, особенно двукратных. Прибавка к РК- фону составила 5–11,5%.

По нашим данным приемы минимизации норм удобрений под морковь на торфоземах должны включать следующие моменты: 1) отказ от основного внесения азотных удобрений и проведение некорневых подкормок посевов моркови мочевиной; 2) снижение норм фосфорно-калийных удобрений, даже при низком содержании в почве подвижных форм фосфора и обменного калия за счет оптимизации отношений $P:K$ в удобрениях. Для торфоземов группы А до $P_{40}K_{60}$, для группы В до $P_{30}K_{60}$; 3) снижение норм основного удобрения вдвое до $P_{20}K_{30}$ для торфяных почв группы А и до $P_{15}K_{30}$ для торфяных почв группы В при внесении удобрений в рядки. Прибавка урожая достигала 34–47%; 4) при достаточном содержании в почве обменного калия (около 30 мг на 100 г почвы) и низком содержании подвижных форм фосфора (менее 20 мг на 100 г) можно ограничиваться припосевным

внесением двойного суперфосфата в дозе 25 кг/га (прибавка урожая – 14,5%); 5) отказ от внесения удобрений под морковь в овощном севообороте при их достаточном применении под предшествующие культуры, наиболее требовательные к непосредственному внесению туков (например, под капусту).

Такой подход позволяет получать высокие урожаи корнеплодов (до 400–600 ц/га) хорошего качества, снижая агрохимическую нагрузку на эутрофные торфоземы в 1,5–3,0 раза по сравнению с общепринятыми нормами.

Авторский указатель

- Baskan O. 485
Mikayilov F. 485
Абакумов Е.В. 220
Авад Р.А. 208
Агеев В.В. 455
Азаренко Ю.А. 87
Акименко Ю.В. 309
Аксенова Ю.В. 151
Александрова О.Н. 153
Алексеева А.В. 463
Алексеев В.А. 88
Алиева А.П. 473
Ананьева Н.Д. 311, 407
Андриевский В.С. 430, 452
Андронов Е.Е. 357, 364
Анилова Л.В. 154
Анисимов В.С. 229
Анисимов К.Б. 52
Анисимова Л.Н. 229
Анисимова Т.Ю. 457
Антоненко Е.М. 230
Антонов Г.И. 312, 431
Апарин Б.Ф. 113
Архангельская А.М. 497
Афанасова Е.Н. 314
Ахундова А.Б. 90
Бабаев М.П. 392, 403
Бабаева М.А. 182
Багаутдинов Ф.Я. 458
Бакина Л.Г. 156, 195, 197
Балабко П.Н. 465
Балданова А.Н. 161
Банкин М.П. 157
Банкина Т.А. 157
Барсова Н.Ю. 114
Батурина Л.К. 465
Бахарева Л.В. 316
Безкоровайная И.Н. 312, 431
Безносиков В.А. 93, 180
Безуглова О.С. 191, 64
Белобров В.П. 281
Белова Н.В. 279
Белоусов В.С. 317
Беляев В.Р. 301
Берчук А.В. 199
Бобков А.В. 37, 66
Божков Д.В. 482
Бойцова Л.В. 159
Болтаев И.Б. 207
Борисочкина Т.И. 232
Бородин А.В. 435
Брагина В.В. 204
Брехова Л.И. 92
Бурачевская М.Ю. 271
Бутылкина М.А. 23, 39, 67
Бухонов А.В. 24
Быкова Е.М. 319
Вайгель А.Э. 23, 26
Варламов В.А. 141
Васильева Г.К. 234, 409
Васильева Д.И. 118
Вашенко А.П. 204
Вершинина С.Д. 433
Вечерский М.В. 416
Виноградова Ю.А. 369
Вишневская Н.А. 411, 422
Вишняков А.Э. 200
Вишнякова О.В. 161
Володина Е.Н. 396
Воробьев Н.И. 320, 364
Воронина Е.Ю. 371
Воронина Л.П. 475
Воронкова Н.А. 460
Воскобойникова Т.Г. 100
Габов Д.Н. 93
Гавриков Е.В. 197
Гавриленко Е.Г. 311
Гаевская М.А. 435
Галеева Л.П. 462
Галова А.В. 368
Ганеева Л. Ю. 27
Ганин Г.Н. 436
Гафурова Л.А. 387
Геннадиев А.Н. 298
Герайзаде А.П. 29, 36
Герке К.М. 44
Гермогенова А.Ю. 463
Годунова Е.И. 95
Голиченков М.В. 322, 364, 416
Головков А.М. 465
Головченко А.В. 324
Голосов В.Н. 301
Голубева Е.С. 97
Голубина О.А. 325
Гомонова Н.Ф. 49
Гончаров В.М. 30, 72
Горбачева М.А. 327
Горбунова Н.С. 147
Городничев Р.Б. 397
Грачева Т.А. 345, 347
Грехова И.В. 162
Гречишкина Ю.И. 467, 469
Григориади А.С. 235
Гришко В.Н. 360
Груздев И.В. 93
Груздева Л.И. 438
Гумматов Н.Г. 32
Гурьев И.Д. 237
Гусакова М.Ю. 137
Гуца А.С. 286
Давыдова Н.Д. 238
Даденко Е.В. 328
Данилогорская А.А. 384
Девина Т.П. 500
Дембовецкий А.В. 34, 78
Демиценко В.Г. 467
Демин Д.В. 138
Демкин В.А. 24, 166, 330, 355, 424
Демкина Т.С. 330, 424
Денисова Т.В. 328, 332
Дергачева М.И. 118

- Джафаров А.М. 36
 Джафарова Ш.З. 334
 Дмитраков Л.М. 240, 283
 Дмитракова Л.К. 240
 Дмитренко В.Н. 84
 Добровольская Т.Г. 335, 373
 Домрачева Л.И. 337, 358
 Донских И.Н. 98, 208
 Доржонова В.О. 242, 296
 Дричко В.Ф. 156
 Дуброва М.С. 338, 347
 Думова В.А. 364
 Дьяков В.П. 340
 Дягилева А.Г. 244
 Евдокимов И.В. 342
 Егоров Ю.В. 37, 42, 66
 Егунова М.Н. 431
 Ермакова Е.В. 39, 67
 Есаулко А.Н. 455, 469
 Еськов А.И. 457
 Жалилова Г. 387
 Железова А.Д. 344
 Жердев Ю.С. 470
 Жигарева Т.Л. 229
 Завалин А.А. 472
 Завгородняя Ю.А. 245
 Загрядская Ю.А. 371
 Зазовская Э.П. 222
 Зайцева К.С. 278
 Зайцева Р.И. 42
 Закалюкина Ю.В. 322
 Заманов П.Б. 473
 Замулина И.В. 62
 Захарова Е.Г. 164
 Звягинцев Д.Г. 345, 376
 Зеленихин П.В. 361
 Земесзиркс Н.Э. 157
 Зенкова И.В. 247
 Зенова Г.М. 338, 345, 347
 Зинчук Е.Г. 159
 Знаменская Т.И. 238
 Золотарева Б.Н. 166, 183
 Зорина С.Ю. 168
 Зубков Д.А. 249
 Зыкова Ю.Н. 358
 Иванов К.Е. 348
 Иванова А.Е. 350, 384
 Иванова Н.Н. 301
 Иващенко К.В. 311
 Игнатьева Е.Э. 494
 Изосимов А.А. 227
 Ильин И.Р. 40
 Ильина И.И. 475
 Иманкулова А.М. 476
 Исагалиев М. 148
 Истигечев Г.И. 265
 Ишбулатов М.Г. 81
 Кадулин М.С. 376
 Кадырова Д. 387
 Казеев К.Ш. 328, 352, 414
 Казыханова Г.Ш. 458
 Калинин Е.Д. 278
 Калининченко Р.В. 185
 Калугин Д.В. 477
 Капралова О.А. 250
 Караванова Е.И. 99
 Карасева А.С. 169
 Карпова Д.В. 465
 Касатиков В.А. 205
 Касьянова А.С. 100
 Катинда М.С.Б. 225
 Качалкин А.В. 354
 Качур А.Н. 252
 Каширская Н.Н. 330, 355
 Каштанов А.Н. 102
 Кечайкина И.О. 223
 Кизилова А.Н. 406
 Кимеклис А.К. 357
 Киреева Н.А. 235
 Кириченко А.В. 37, 42, 66
 Кирсанов А.Д. 195
 Кирюшин А.В. 322
 Климин М.А. 135
 Ковалев И.В. 171
 Ковалева Е.И. 103
 Ковалева Н.Н. 168, 254
 Ковалева Н.О. 171
 Ковш Н.В. 116
 Когут Б.М. 172
 Кожевникова В.П. 169
 Кокорева А.А. 23
 Кокорина Н.Г. 255, 289
 Кокшарова А.А. 200
 Колесников С.И. 249, 257, 328
 Колесникова А.А. 440
 Колокольцев В.В. 34
 Комаров А.А. 190, 258
 Комачкова И.В. 174
 Конакова Т.Н. 440
 Кондакова Л.В. 337, 358
 Кондратенко Б.М. 93
 Кондратьева М.А. 260
 Конова И.А. 376
 Коновалова Н.С. 78, 109
 Кононова А.А. 67
 Копосов Г.Ф. 27
 Кориновская О.Н. 360
 Корноухова И.Н. 361
 Коробской Н.Ф. 479
 Королева И.Е. 480
 Корост Д.В. 44
 Костенков Н.М. 174, 204
 Костина Н.В. 364, 416
 Котова А.А. 322
 Кочарли С.А. 29
 Кошелева Н.Е. 261
 Кравцов А.А. 200
 Кравцова Н.Е. 482, 483
 Кравченко И.К. 406
 Кравченко К.А. 267, 472
 Крамарев С.М. 267, 472
 Крапивина А.Ю. 363
 Кривда Ю.И. 467
 Круглов Ю.В. 364
 Крупкин П.И. 263
 Куваева Ю.В. 176
 Кудрин А.А. 369
 Кудрявцев Д.В. 399
 Кузелев М.М. 177
 Кузнецов А.В. 186

- Кузнецова Т.А. 416
 Кукушкин С.Ю. 121
 Кулижский С.П. 265
 Куницына И.А. 169
 Кураков А.В. 324, 335, 366
 Курапова А.И. 347
 Кураченко Н.Л. 45
 Курган О.А. 483
 Кухаренко О.С. 335
 Кызъорова Е.В. 105
 Лабутова Н.М. 368
 Лаверов Н.П. 88
 Лаврентьев Р.Б. 366
 Лаврищев А.В. 266
 Лавруков М.Ю. 190
 Ладонин Д.В. 267
 Лаптева Е.М. 369
 Лапыгина Е.В. 371
 Лапыгина Е.Е. 345
 Латышева Л.А. 179
 Лебедева Е.В. 406
 Леонтьевская Е.А. 373
 Липатников А.И. 27
 Литвинов Ю.А. 483
 Литвинович А.В. 266
 Лобанов А.Г. 491
 Лодыгин Е.Д. 180
 Лойко С.В. 265
 Лубсанова Д.А. 347
 Лузянина О.А. 106
 Лукачева Е.Г. 374
 Лхагвасурен Ч. 452
 Лысак Л.В. 376
 Львова Л.Б. 116
 Лябзина С.Н. 441
 Магомедалиев З.Г. 182
 Мазиров И.А. 47
 Мазиров М.А. 364
 Макаревич Р.А. 252
 Максимова И.А. 377
 Максимова Ю.Г. 108
 Малахова Н.А. 379
 Мальцева А.Н. 183
 Мамедзаде В.Т. 381
 Мамедов Н.А. 29, 36
 Мамонтов В.Г. 177, 185
 Манаева Е.С. 416
 Манафова А.М. 29, 36
 Манджиева С.С. 269, 271
 Манучаров А.С. 49
 Манучарова Н.А. 382, 406
 Марфенина О.Е. 350, 384
 Мамедова Э.М. 29
 Масютенко Н.П. 186
 Матвеева Е.М. 438
 Матвеева Н.М. 27
 Матюшкина Л.А. 109
 Маулина Е. Р. 188
 Махинов А.Н. 111
 Махинова А.Ф. 111
 Махсудов Х.М. 207
 Машканцев С.С. 487
 Мельников Л.В. 361
 Мерзлая Г.Е. 386
 Михайлов Ф.Д. 269
 Милановский Е.Ю. 71, 76
 Мингареева Е.В. 113
 Минкин В.В. 443
 Минкина Т.М. 137, 230, 269, 271, 472, 273
 Митрофанов Д.К. 494
 Михайлова Л.А. 485
 Мишихина О.С. 496
 Могханм Ф.С. 98
 Морачевская Е.В. 475
 Морозов И.В. 64
 Мосина Л.В. 386, 405, 476
 Москвин В.В. 50
 Мотузова Г.В. 114, 271
 Мудрых Н.М. 485
 Муромцев Н.А. 42, 52
 Мусекаев Д.А. 500
 Набиева Г. 387
 Набиева Г.М. 503
 Надпорожская М.А. 116, 220
 Назаренко О.Г. 271
 Найда Н.М. 190
 Напольская К.Р. 345
 Нарчев М.А. 396
 Насиров Е.Х. 90
 Невидомская Д.Г. 273
 Неганова Н.М. 191
 Негрובה Е.А. 444
 Некрасова О.А. 118
 Никитенко К.С. 274
 Никитина М.В. 119
 Никитина Н.С. 232
 Никитская Н.И. 487
 Никифорова А.М. 389, 417
 Никифорова Е.М. 261
 Николаева И.В. 55
 Новоселова Е.И. 276
 Овчинникова М.Ф. 193
 Озеров Ю.А. 185
 Околелова А.А. 100, 169, 255, 278, 289,
 Окорков В.В. 488
 Окоркова Л.А. 488
 Опекунова М.Г. 121
 Орлова Е.Е. 195, 197, 368
 Орлова Н.Е. 156, 197
 Орлова О.В. 391
 Оруджева Н.И. 392
 Павлов К.В. 490
 Павлова Н.С. 335
 Павлова О.Ю. 266
 Пампура Т.В. 283
 Панкратова К.Г. 494
 Панова Г.Г. 399
 Патыка Н.В. 364
 Пахненко Е.П. 279
 Пахомова Е.Ю.
 Пацаева С.В. 412
 Пашаев Р.А. 473
 Перевалова А.С. 123
 Пермяков Е.Г. 258
 Пермякова Н.В. 458
 Першина Е.В. 357

- Петров А.А. 281
 Петров В.Б. 320
 Петров К.В. 229
 Петрова С.Н. 357
 Петрофанов В.Л. 124
 Пилипенко А.Д. 443
 Пинаев А.Г. 357
 Пинский Д.Л. 183, 230,
 269, 283, 294,
 Платонычева Ю.Н. 199,
 396
 Плеханова И.О. 284
 Подковырина Ю.С. 273
 Подорогин В.А. 469
 Поздняков А.И. 394, 406,
 57, 500
 Полиенко Е.А. 191
 Полякова Н.В. 199, 396
 Полянская Л.М. 327, 348,
 397, 425
 Помазкина Л.В. 168
 Пономарев Е.И. 54
 Пономарева Л.В. 399
 Пономарева Т.В. 54
 Попов А.А. 320
 Попов А.И. 200
 Попова Г.И. 229
 Попова Т.В. 202
 Порохина Е.В. 325
 Початкова Т.Н. 49, 55, 76
 Просяников Е.В. 286
 Протасова Н.А. 126
 Прудникова М.А. 400
 Пузанова А.Е. 57
 Пуртова Л.Н. 174, 204
 Путятин Т.С. 322
 Пухальский Я. В. 159
 Пягай Э.Т. 59
 Раджабова П.А. 401
 Рамазанова Ф.М. 403
 Раппопорт А.В. 39
 Раскатов В.А. 205
 Ратников А.Н. 229
 Раупова Н.Б. 207
 Рахимгалиева С.Ж. 98
 Рахлеева А.А. 446
 Рахматуллина А.А. 276
 Репницына О.Н. 119
 Рогова О.Б. 287
 Родионова Л.П. 177
 Родичева Т. В. 208
 Романов О.В. 61
 Рудометкина Т.Ф. 210
 Русакова Е.С. 128
 Русакова И.В. 320
 Русанов А.М. 435
 Рыбянец Т.В. 62
 Рыльков И.С. 64
 Рюмин А.Г. 223
 Садикова Г. 387
 Садыкова Ф.В. 366
 Саидова М.Э. 387
 Салтыкова А.С. 494
 Саманов Ш. 207
 Самонова О.А. 130
 Свириденко Д.Г. 229
 Свиридова О.В. 320
 Седых В.А. 491
 Семенков И.Н. 132
 Семенов В.М. 212, 215,
 218
 Семенов Н.А. 52
 Семенова Л.А. 147, 213,
 Семенова Н.А. 212, 215
 Семенова Т.А. 324, 446
 Середина В.П. 133
 Сермягина А.А. 405
 Сигида М.С. 455
 Сизова М.Г. 448
 Сиротский С.Е. 78, 135
 Скворцова Е.Б. 44, 84
 Слюсарев В.Н. 493
 Смольский Е.В. 286
 Соболева А.А. 260
 Соина В.С. 376
 Соколова Н.А. 289
 Солдатов А.В. 273
 Сорокин Н.Д. 314
 Спивакова Н.А. 291
 Стекольников К. Е. 208
 Стенина А.С. 109
 Степанов А.А. 26
 Степанов А.Л. 394, 406
 Стольникова Е.В. 407
 Стрижакова Е.Р. 234, 409
 Струнникова О.К. 411,
 422
 Стукалов С.П. 153
 Ступакова Г.А. 494
 Субботина М.Г. 496
 Судницын И.И. 37, 66,
 345
 Судницына А.Е. 345
 Сусьян Е.А. 311
 Сухачева Е.Ю. 113
 Сухая О.В. 67
 Сушкова С.Н. 137, 230
 Сушук А.А. 438
 Тагивердиев С.С. 64
 Таскаева А.А. 369, 450
 Татаринцев В.Л. 69
 Татаринцев Л.М. 69
 Татаркин И.В. 138
 Тащив С.С. 292
 Темралеева А.Д. 294
 Терехова В.А. 227, 412
 Тер-Мисакянц Т.А. 414
 Терская Е.В. 132
 Тимофеева Е.А. 99
 Тимофеева Я.О. 140
 Титова В.И. 497
 Торбик Е.В. 23
 Трофимов С.Н. 141
 Трубецкая О.Е. 217
 Трубецкой О.А. 217
 Трубицына Е.А. 116, 220
 Тулина А.С. 212, 215, 218
 Турдалиев А. 148
 Турьянова Р.Р. 276
 Тюгай З.Н. 71
 Убугунов В.Л. 242, 296
 Убугунов Л.Л. 242, 296

VI СЪЕЗД ОБЩЕСТВА ПОЧВОВЕДОВ им. В. В. ДОКУЧАЕВА

- Удоденко Ю. Г. 444
Ульянова О.А. 499
Умаров М.М. 364, 416
Умарова А.Б. 23, 26, 39, 67
Уткина Е.В. 135
Фаизова В.И. 389, 417, 477
Файн М.Б. 273
Фаустова Е.В. 30, 72
Федий В.С. 419
Федоркова М.В. 279
Федоров А.С. 421
Федорова Н.Н. 421
Федорос Е.И. 116, 220
Федосеева Е.В. 412
Федотов Г.Н. 57, 210
Федотова А.В. 34, 78
Феоктистова А.С. 411, 422
Филиппова А.В. 405
Фокина А.И. 337
Фотина М.А. 360
Хабибулина Ф.М. 369
Хазарьян В.Э. 64, 74
Хайдапова Д.Д. 76
Харитоновна Г.В. 49, 78, 109, 135,
Хатунцева О.А. 147
Хафизова З.Я. 81
Хидиров К.С. 366
Хмелинин И.Н. 105
Ходжимурадова Н.Р. 207
Холодов В.А. 79
Хомутова Т.Э. 330, 355, 424
Хомяков Ю.В. 399
Хохлов Н.Ф. 364
Хуснетдинова К.А. 373
Хуснетдинова Т.И. 465
Цветкова Н.П. 399
Цибарт А.С. 298
Цховребов В.С. 477
Чакмазян К.В. 425
Чекин Г.В. 97
Чепков С.П. 92
Черкасов Г.Н. 143
Черкашина Н.Ф. 465
Черников В.А. 205
Чернов Т.И. 344
Чернокалова Е.В. 427
Черобаева А.С. 406
Чертов О.Г. 116
Чижевская Е. П. 422
Чижикова Н.П. 95, 109
Чимитдоржиева Г.Д. 161
Чичагова О.А. 222
Чуков С.Н. 223
Чумаченко Ю.А. 451
Чурагулова З.С. 81
Шабанова А.А. 299
Шамшурина Е.Н. 301
Шапиро А.Д. 99
Шаповалов В.Ф. 279
Шапченкова О.А. 302
Шарифуллина Л.Н. 276
Шахназарова В.Ю. 422
Швец Т.В. 225, 317
Шеин Е.В. 34, 50, 76, 78, 83
Широкова Е.В. 500
Шихова Н.С. 303
Шкабарда С.Н. 95
Шоба В.Н. 145
Шорина Т.С. 305
Шуравилин А.В. 52
Щапова Л.Н. 204
Щеглов Д.И. 50, 92, 147, 213
Щелчкова М.В. 306
Щепотьев В.Н. 84
Щерба А.В. 368
Юлдашев Г. 148
Юмагузина Л.Р. 81
Якиева М.А. 475
Якименко О.С. 227
Яковлев А.С. 103
Яковлев С.А. 103
Яковлева Л.В. 34
Якутин М.В. 452
Якушев А.В. 428

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**VI СЪЕЗД
ОБЩЕСТВА ПОЧВОВЕДОВ
ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА**

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

Книга 2

Петрозаводск, 13–18 августа 2012 г.

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 04.06.2012. Формат 60x84¹/₁₆.
Гарнитура Times. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 28,6. Усл. печ. л. 29,6.
Тираж 500 экз. Изд. № 298. Заказ 55.

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50