

УДК 631.46

Е. В. НАПРАСНИКОВА

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ
(ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)**

Изучено современное эколого-биохимическое состояние почв степных геосистем Южно-Минусинской котловины. Показан уровень численности основных групп микроорганизмов. Выявлен высокий биопотенциал почв в заповедных условиях Койбальской степи. Установлена тенденция к взаимосвязи биохимической активности и pH почв.

Ключевые слова: *степные геосистемы, почвенный покров, биохимическая активность.*

A study is made of the current ecologo-biochemical state of soils of steppe geosystems in the Yuzhno-Minusinskaya depression. The population level of the main groups of microorganisms is demonstrated. The study revealed a high biopotential of soils in the regime of reserve of the Koibal'skaya steppe, and a tendency for a correlation between biochemical activity and pH of soils.

Keywords: *steppe geosystems, soil cover, biochemical activity.*

ВВЕДЕНИЕ

Южно-Минусинская котловина — один из наиболее освоенных районов юга Красноярского края и Республики Хакасия как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении. Здесь создан Саяно-Шушенский промышленный комплекс, в Койбальской степи (юг котловины) построен Саяногорский алюминиевый завод (САЗ), с 1999 г. работающий на полную мощность. Техногенная нагрузка на окружающую среду обуславливает необходимость проведения детальных научных исследований природных режимов геосистем данной территории. Такие исследования были начаты в 70-х гг. XX в. на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока под руководством акад. В. Б. Сочавы. Тогда были заложены основы для развития идей и принципов структурно-функционального анализа разнообразных свойств почв и экологических функций в условиях степей. В настоящее время, когда усилилось влияние урбанизации и техногенеза, детальные исследования степей Южно-Минусинской котловины возобновлены [1, 2].

Основная цель данной работы — изучение современного эколого-биохимического состояния почв геосистем котловины на примере Койбальской степи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в Койбальской степи Южно-Минусинской котловины. Климат района резко континентальный, засушливый. Средняя температура воздуха в январе $-18\div-19$ °С, в июле $18-19$ °С, в среднем за год она положительная. Вследствие незначительного снежного покрова почва промерзает до глубины 2,5 м. Годовое количество осадков 350–400 мм. Их максимум приходится на летний период (50–60 %), количество зимних осадков составляет 20–30 % от среднегодового. Для данной степной зоны характерны частые и довольно сильные ветры. В целом климат Койбальской степи недостаточно влажный (индекс сухости >1), с теплым летом и умеренно холодной зимой [3].

В Койбальской степи наиболее распространены выщелоченные черноземы и каштановые почвы. По механическому составу почвы легко- и среднесуглинистые. Каштановые в основном приурочены к древнеаллювиальным равнинам и в зависимости от содержания гумуса подразделяются на светло-каштановые, собственно каштановые и темно-каштановые почвы. Черноземы представлены южными и обыкновенными подтипами. По классификации Е. М. Лавренко [4], степи Минусинской котловины относятся к настоящим змеевково- и вострецово-тырсовым. Современный растительный покров значительно видоизменен деятельностью человека, однако сохранил черты коренной структуры.

Проведение комплексных экспериментальных работ по изучению степей было организовано на заповедной территории специального полигона-трансекта, заложенного в пределах репрезентативно-

го участка Койбальской степи. Структура почвенного и растительного покрова, геохимические особенности полигона-трансекта в условиях степи Южно-Минусинской котловины хорошо изучены [5, 6]. Рассматриваемый участок характеризуется необычайно сложной структурой и большим разнообразием составляющих почв. Согласно данным Б. И. Кочурова [7], чернозем южный маломощный занимает 50 % площади почвенных компонентов сочетания. Также установлено, что за пять лет заповедного режима большая часть южных черноземов степи из малогумусных (2,5–4 % гумуса) перешла в среднегумусные (5–6 %). Это связано с увеличением количества растительных остатков, поступающих на поверхность почвы, замедлением поверхностного стока и лучшим проникновением влаги, быстрым разложением органического вещества. Заповедный режим усилил выделение CO_2 почвой. На полигоне-трансекте в структуре фитоценозов было отмечено 59 видов [6]. Наибольшую встречаемость (от 30 до 50 %) имеют четыре вида: тырса — 25–47 %, типчак — 43–48 %, осока стоповидная — 39–45 %, овсец пустынный — 27–48 %.

В настоящее время заложены новый экспериментальный профиль протяженностью 4,5 км в зоне наибольшего влияния САЗа (в юго-западном направлении от г. Саяногорска). В почвенном покрове профиля доминируют черноземы южные и черноземы обыкновенные маломощные. Содержание гумуса в верхних горизонтах варьирует от 7,9 до 10,9 % [8]. Щелочно-кислотные условия почв на исследуемых пробных площадях колеблются от 6,3 до 7,2 ед. рН.

Исследованы состав и динамика микробоценозов, выявлены региональные особенности, определены доминанты. Почвы степных экосистем Минусинской котловины характеризуются стабильным уровнем микробной массы (0,3–1,1 т/га). Отмечено высокое содержание бактерий (до 2,5 млн КОЕ/г почвы) и актиномицетов (до 0,7 млн КОЕ), что согласуется с экологическими условиями обитания. Число генераций бактерий за год составляло от 2 до 9 [2, 9].

Нами продолжена работа по изучению актуальной биохимической активности почв как интегрального показателя метаболизма органического вещества, связанного с микробоценозами и пулом ферментов, с применением экспресс-метода Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой [10]. Сущность метода заключается в регистрации скорости разложения карбамида как модельного вещества до аммиака. Эта методика весьма чувствительна и позволяет не только выявить различия между контрастными в том или ином отношении объектами, но и дифференцировать почвы по биопотенциалу.

Количественный учет основных систематических групп микроорганизмов осуществлялся согласно методам почвенной микробиологии и биохимии [11]. Щелочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что биохимическая активность почв (БАП) является информативным показателем функциональных возможностей почвы на текущий момент времени и контролируется экологическими факторами, в то время как физические и химические свойства, согласно концепции И. А. Соколова, В. О. Таргульяна [12], заложены в ее памяти. Более того, эти показатели характеризуют систему не только с количественной стороны, но и с качественной, так как речь идет о направленности почвенных процессов.

Величина рН почвы — одна из важнейших ее характеристик. Реакция почвы представляет собой результат взаимодействия органических и минеральных составляющих. Она играет большую роль в протекании всех биохимических процессов, связанных с круговоротом веществ, в том числе биофильных элементов. Таким образом, выбранные показатели (БАП, рН) являются экспериментальным критерием определения функциональных особенностей изучаемых почв.

Все исследуемые почвы полигона-трансекта проявили высокую биохимическую активность (рис. 1). Значения БАП варьируют в узких пределах: за наблюдаемый период они составили от 2 до 4,5 ч (размах колебаний 2,5 ед.). Это позволяет отнести исследуемые почвы к высокоактивным в отношении трансформации азотсодержащих органических соединений, особенно если учесть, что содержание влаги в почве лимитировано. Наибольшее количество часов трансформации карбамида соответствует наименьшей активности почв. Полученные результаты согласуются с данными о доминирующем положении аммонификаторов в микробоценозах исследуемых почв, играющих главную роль в трансформации указанных соединений (см. таблицу). При этом уровень численности актиномицетов и микромицетов находится в соответствии с диапазоном экологических условий изучаемых степей.

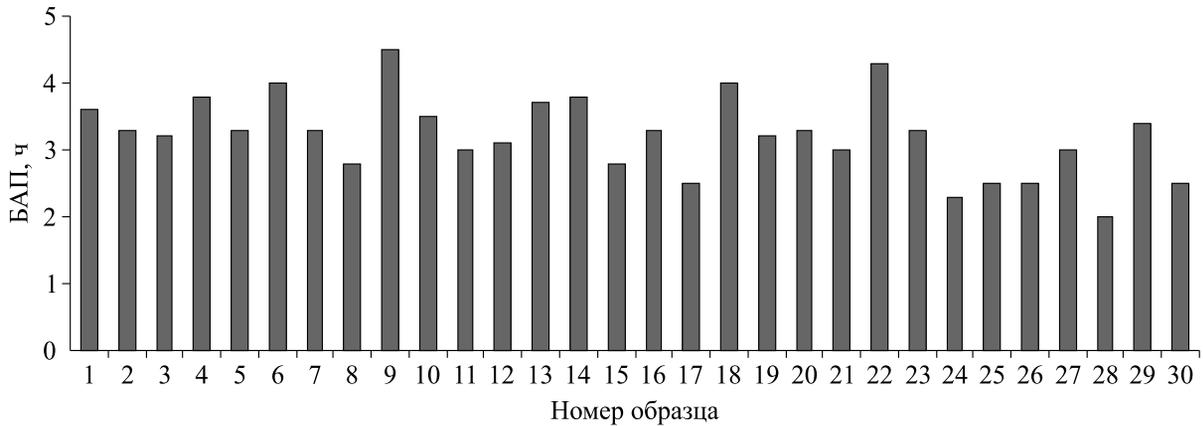


Рис. 1. Биохимическая активность почв заповедного полигона-трансекта.

Выявленный уровень БАП — общая особенность всех почв на заповедной территории экспериментального полигона-трансекта, являющегося репрезентативным для Южно-Минусинской котловины.

Значения рН почв меняются от 6,6 до 8,4. Статистическая оценка данных на основе регрессионного анализа показывает взаимосвязь БАП и рН, что четко обозначено кривой на рис. 2. Коэффициент аппроксимации (R^2) составил 0,52. Графическое отображение изучаемых показателей существенно расширяет наше понимание механизмов биохимических процессов, детерминированных особенностями степных геосистем. Полученные значения БАП легли в ограниченную область значений рН исследуемых почв достаточно равномерно. В то же время прослеживается тенденция к смещению показателей в сферу нейтральных и слабощелочных значений, что не противоречит сущности изучаемых биохимических процессов, связанных с круговоротом азотсодержащих органических соединений. И несмотря на то что уровень БАП в диапазоне нейтральных значений рН несколько снизился, изучаемые почвы можно считать сравнительно активными. Ферментативный гидролиз карбамида, или функциональная возможность уреазной активности почвы, характеризует в определенной степени и эмиссию углекислого газа как конечного продукта распада органических веществ.

Результаты определения БАП на новом экспериментальном профиле представлены на рис. 3. Как видно, уровень активности почв колеблется от 5,5 до 13 ч (размах колебаний составил 7,5 ед.). При сравнении с данными по полигону видно, что амплитуда колебаний значений БАП в заповедных условиях меньше на 5 ед. Простое сопоставление данных уровня активности почв полигона-трансекта и экспериментального профиля показывает, что в зоне техногенного влияния БАП меньше почти в три раза. Снижение биохимической активности объясняется влиянием выбросов алюминиевого завода, в частности приоритетных загрязнителей. По данным Н. Д. Давыдовой [13], специфическими элементами выбросов САЗа, загрязняющими почвенные растворы, являются фтор и натрий. Уровень содержания водорастворимого фтора в почвах зоны воздействия пылегазовых эмиссий САЗа не превышает 1–4 ПДК. Почвенный покров экспериментального профиля находится в модуле постоянно-

Численность микроорганизмов в почвах полигона-трансекта (млн КОЕ/г почвы), слой 0–10 см

Номер образца	Аммонифицирующие бактерии на МПА	Актиномицеты на КАА	Микромицеты на СА
1	2,7 ± 0,2	0,30 ± 0,04	0,02 ± 0,003
2	3,0 ± 0,3	0,24 ± 0,03	0,01 ± 0,002
3	3,2 ± 0,4	0,40 ± 0,05	0,07 ± 0,008
4	2,4 ± 0,2	0,70 ± 0,06	0,05 ± 0,006

Примечание. МПА — мясопептонный агар; КАА — крахмало-аммиачный агар; СА — сусло-агар.

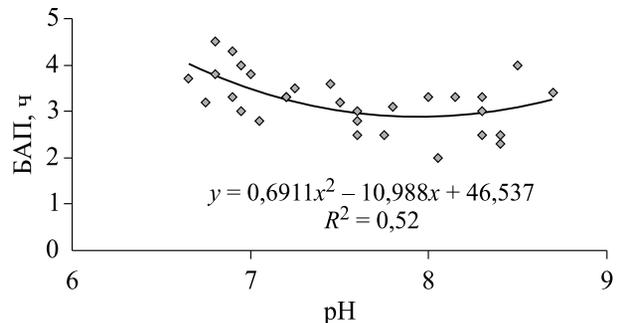


Рис. 2. Зависимость биохимической активности от щелочно-кислотных условий почвы.

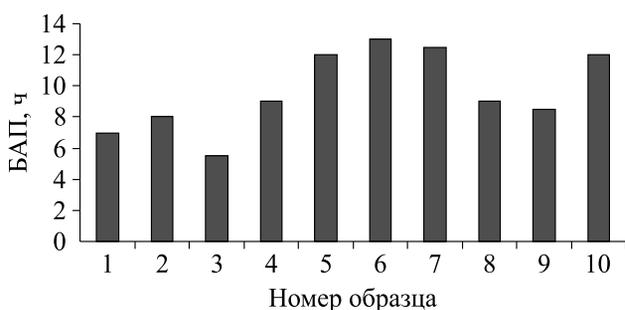


Рис. 3. Биохимическая активность почв экспериментального профиля.

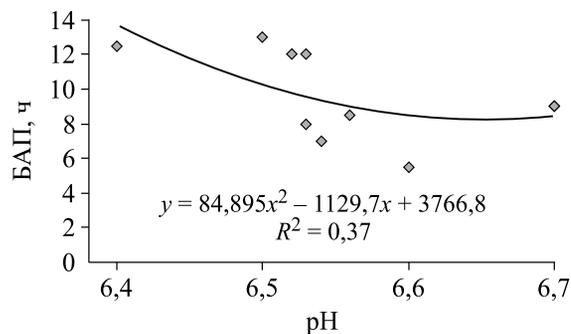


Рис. 4. Зависимость биохимической активности от щелочно-кислотных условий почвы.

го техногенного загрязнения, которое распространяется на большие площади. Такие почвы можно отнести к техногенно загрязненным. Располагая значениями щелочно-кислотных условий почв пробных площадей, мы выявили степень зависимости от них биохимической активности. Результаты статистической оценки показаны на графике (рис. 4). Коэффициент аппроксимации (R^2) составил 0,37. Он невысокий и к тому же уступает аналогичному показателю по заповедной территории полигона. Это обусловлено тем, что механизмы регуляции почвенных процессов, связанных с круговоротом биогенного элемента — азота, имеют тенденцию (при понижении уровня биохимической активности) к нарушению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных экспериментальных данных с применением экспресс-метода выявлен современный эколого-биохимический потенциал почв в заповедных условиях Койбальской степи, который можно считать высоким. Значения БАП связаны не только с уровнем кислотности почвы, но и с высокими температурами воздуха, характерными для изучаемых степных ландшафтов. Прослежена тенденция к взаимосвязи интегральных показателей биохимического потенциала и pH почв. В рассмотренном диапазоне ландшафтно-экологических условий в реальном времени определен уровень численности основных систематических групп микробоценозов, который можно отнести к достаточно высоким.

Изучение биохимической активности почв экспериментального профиля в зоне влияния пылегазовых эмиссий САЗа показало ее снижение. Взаимосвязь с щелочно-кислотными условиями несколько слабее, чем на заповедной территории, что, по нашему мнению, обусловлено воздействием приоритетных загрязнителей в виде водорастворимых соединений фтора и натрия.

Полученные результаты базируются на экологически ориентированном биоиндикационном подходе и представляют собой новые данные, дополняющие наши знания об эколого-биохимических функциях степных почв. Кроме того, в работе оценен вклад живого вещества почв в общий круговорот органогенных элементов в степных ландшафтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессолицина Е. П. Закономерности ландшафтно-зональной дифференциации структуры зооценозов почв // Структура и динамика геосистем. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2007. — С. 227–236.
2. Напрасникова Е. В. Почвенно-биотический компонент геосистем и его функциональные особенности в условиях Сибири // География и природ. ресурсы. — 2008. — № 2. — С. 93–96.
3. Природные режимы степей Минусинской котловины / Под ред. И. А. Хлебовича, В. В. Буфала. — Новосибирск: Наука, 1976. — 236 с.
4. Лавренко Е. М. Растительный покров СССР. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — Т. 2. — С. 595–730.
5. Снытко В. А., Щетников А. И. Сопряженный анализ степных и таежных геосистем // География и природ. ресурсы. — 1989. — № 3. — С. 15–23.
6. Хакимзянова Ф. И. Динамика продуктивности степных фитоценозов юга Минусинской котловины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 1989. — 20 с.

7. **Кочуров Б. И.** Природные режимы степей Минусинской котловины. — Новосибирск: Наука, 1979. — 169 с.
8. **Воробьёва И. Б.** Современное состояние природных и урбанизированных почв Южно-Минусинской котловины и изменение климата // Почвы засушливых территорий, их рациональное использование, предотвращение деградации и опустынивания: Материалы междунар. науч. конф. — Абакан, 2013. — С. 160–164.
9. **Никитина З. И.** Микробиологический мониторинг наземных экосистем. — Новосибирск: Наука, 1991. — 200 с.
10. **Аристовская Т. В., Чугунова М. В.** Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. — 1989. — № 11. — С. 142–147.
11. **Методы** почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 303 с.
12. **Соколов И. А., Таргульян В. О.** Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент. Изучение и освоение природной среды. — М.: Наука, 1976. — С. 150–164.
13. **Давыдова Н. Д.** Техногенные потоки и дифференциация вещества в геосистемах // Географические исследования Сибири. Т. 2. Ландшафтообразующие процессы. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2007. — С. 261–276.

Поступила в редакцию 14 апреля 2014 г.