

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ПРИАНГАРЬЯ

Напрасникова Е.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН Иркутск, Россия, e-mail: napev@irigs.irk.ru

Приведен анализ экспериментальных данных по изучению эколого-микробиологических и биохимических особенностей почвенного покрова городов Приангарья. Установлена трансформация щелочно-кислотных условий почв в щелочную сторону. Выявлен большой диапазон уровня биологической активности как показателя самоочищающей способности городских почв. В целом в городах наблюдается умеренная активность почв. Снижение активности выявлено в г. Саянске, одном из главных отечественных центров химической промышленности, а также на территориях критических объектов (промышленных зон, АЗС, светофоров). Структура микроорганизмов в городских условиях изменяется в сторону увеличения доли бактерий, адаптированных к новым условиям. Санитарное состояние почв рассмотренных городов относится к категории умеренного и сильного загрязнения.

Ключевые слова: почвы города, биологическая активность, санитарная оценка

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF URBAN SOILS IN THE ANGARA REGION

Naprasnikova E.V.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS Irkutsk, Russia, e-mail: napev@irigs.irk.ru

An analysis is made of experimental data from studying the ecologo-microbiological and biochemical characteristics of urban soil cover in the Angara region. The study revealed a transformation of the acid/alkaline conditions of soils toward the alkaline side as well as a wide range of biological activity level as the indicator of self-purification capacity of urban soils. On the whole, the urban areas show a moderate activity of soils. A decrease in activity was revealed in the city of Sayansk, one of the principal national centers of chemical industry, as well as on the territories of critical facilities (industrial zones, gas-filling stations, and traffic lights). The structure of microorganisms in urban conditions changes toward an increase in the contribution from bacteria that have adapted themselves to the new conditions. The sanitary state of the cities considered refers to the category of moderate and heavy pollution.

Keywords: urban soils, biological activity, sanitary assessment

В настоящее время темпы урбанизации и техногенеза неуклонно растут, и к концу XXI в. ожидается вовлечение в этот процесс до 20% всей пригодной для жизни человека территории суши.

Природа Сибири считается ранимой, самоочищающая способность почв снижена, в этой связи обозначенная проблема особенно актуальна. Не вызывает сомнений, что свойства городских почв являются не только индикатором условий жизни и здоровья населения, но и гарантом этих условий. Истории известны факты, когда от недооценки почв гибли целые города.

Контроль качества окружающей среды по биологическим объектам признан актуальным и экологически ориентированным научным подходом. Время показало перспективность биоиндикации с ее информативными и удобными методами, основанными на изучении ответных реакций организмов на воздействие внешних факторов. Данный подход не новый, но он продолжает успешно развиваться, расширяя круг решаемых задач во многих областях естественно-научных знаний.

Основной целью настоящей экспериментальной работы было изучение функциональных особенностей и микробиологического статуса городских почв индустриальных городов в условиях Сибири.

Объекты и методы исследований

Объектом детальных исследований явился почвенный покров городов Приангарья.

Ландшафтная среда данной территории находится под техногенным влиянием промузлов городов: Иркутска, Шелехова, Ангарска, Усолья-Сибирского, Саянска, расположенных преимущественно в левобережной части верхней Ангары.

В районе исследования преобладают серые лесные почвы, дерново-подзолистые, дерново-карбонатные почвы, лугово-черноземные. Данные почвы в основном относятся к градациям с низким и средним содержанием гумуса. Его средняя величина составляет 5%.

Образцы почв отбирались в вегетационный период в разных функциональных зонах города с площадок размером 25м² с глубины 0–10 см согласно методическим указаниям [4]. Из 10–15 отдельных проб готовился смешанный образец с целью снятия гетерогенности среды. При необходимости удалялись мусор и прочие включения.

Санитарно-микробиологическую оценку проводили по общепринятым методикам [7] и нормативам [3]. При идентификации микроорганизмов различных таксономических групп использовали определители бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов соответственно [9, 2, 6]. Фитотоксичность почв установлена методом Красильникова с использованием тест-растений по количеству проросших семян [7]. Уровень биологической активности изучаемых почв определен экспресс-методом по Т.В. Аристовской и М.В. Чугуновой [1]. Сущность метода состоит в определении скорости (в часах) изменения рН от выделяемого аммиака при разложении карбамида (мочевины) как суммарного результата биохимической деятельности почвенной микрофлоры (чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем больше считается биологическая активность почв). С помощью этого метода можно получить достаточно достоверные сведения о самоочищающей способности почв, особенно если идет речь о территориях под воздействием урбанизации и техногенеза.

Результаты и обсуждение

Ранее на семи сравнительно молодых городах Восточной Сибири и областном центре Иркутске апробирована предложенная нами методика оперативной оценки самоочищающей способности почв по уровню их интегральной полифункциональной характеристики – биологической активности в зависимости от щелочно-кислотных условий среды [8].

Близкая к нейтральной и слабощелочная среда верхнего слоя (0–10 см) городских почв, в отличие от слабокислой среды фоновых зональных почв, обусловлена их

загрязнением (табл.). Максимальные значения отмечены в г. Саянске. Так, на территории ТЭЦ, цеха по выпуску каустика и ртутного цеха химического завода рН достигает 10 ед., тогда как в рекреационной части города показатели рН = 6,5–8,0 (в среднем 7,2). Почвам этого города свойственна высокая фитотоксичность, ингибирующая прорастание семян тест-растений на 20–30% и более.

Биологическая активность почв (БАП), определяемая по интенсивности выделения NH_3 при разложении карбамида, в г. Саянске в 2–3 раза ниже, чем в других городах, что в свою очередь ниже фоновых значений. Показатель БАП от 1 до 4 ч разложения карбамида считается высоким, 4–8 ч. – средним, выше 8 ч – низким.

Оценка щелочно-кислотных условий, биологической активности и санитарно-микробиологического состояния урбаноземов Приангарья

Город, число проб (n)	Реакция среды (рН)	Биологическая активность, часы	Сапрофитные микроорганизмы, млн. КОЕ / г	Титр кишечной палочки
Иркутск, (n = 68)	<u>5,8–9,0</u> 7,7	<u>1,0–10,2</u> 3,5	<u>0,18–12,00</u> 4,66	<u>0,0001–0,10</u> 0,036
Шелехов, (n = 22)	<u>6,9–8,6</u> 7,7	<u>2,1–7,4</u> 3,9	<u>0,06–0,94</u> 0,46	<u>0–0,10</u> 0,059
Усолье-Сибир- ское, (n = 27)	<u>7,8–9,5</u> 8,1	<u>1,2–3,0</u> 1,9	<u>0,20–3,60</u> 1,09	<u>0,0001–0,01</u> 0,003
Ангарск, (n = 35)	<u>7,4–8,6</u> 8,3	<u>1,3–4,1</u> 2,6	<u>0,70–1,80</u> 1,15	<u>0,001–0,10</u> 0,063
Саянск, (n = 23)	<u>6,5–10,5</u> 7,7	<u>4,0–10,0</u> 6,3	<u>0,09–0,21</u> 0,14	<u>0–0,10</u> 0,058

Примечание: в числителе минимальные и максимальные значения, в знаменателе средняя величина

Большой диапазон БАП в городской среде обусловлен его высокой чувствительностью к экологическим условиям местообитаний. В целом наблюдаемая умеренная БАП рассмотренных городов, а в г. Саянске – наиболее низкая — соответственно характеризуют потенциал санитарных функций почв данных территорий.

В исследованиях санитарно-микробиологического состояния урбаноземов и определении степени их самоочищения выявлена индикаторная функция сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов. Наиболее подробно данная функция рассмотрена на примере областного центра – Иркутска. По их количеству территория пяти административных районов города резко отличается максимальной величиной этого

показателя (на порядок и более) от сильно загрязненных индустриально-промышленных городов (см. табл.). Высокий уровень этих микроорганизмов (4–12 млн КОЕ/г) отмечен в почвах жилых массивов, а низкий (от 0,1 до 3) – в почвах критических объектов – автозаправочных станций (АЗС), автодорог, особенно на перекрестках у светофоров, заводов. Среди сапрофитных бактерий в урбаноземах доминируют спорообразующие виды: *Bacillus (Bac.) cereus*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus* и др.

Одна из особенностей видового состава бактерий состоит в присутствии *B. niger*, содержащих меланиноподобный пигмент, защищающий клетки от загрязнения. Численность актиномицетов достигает почти 1 млн/г почвы. Они представлены в основном родом *Streptomyces*. Среди микромицетов – микроскопических грибов доминируют *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor*, меньше – *Cladosporium*, *Alternaria*. Перечисленные представители обладают высокой устойчивостью к антропогенным факторам. В почвах рекреационных зон г. Иркутска длина мицелия грибов составляет 34–179 м/г почвы (фоновые значения 180–205 м/г), сухая биомасса – 0,6–3,6 мг/г. Мицелий микромицетов выполняет функцию биогеохимического барьера, аккумулируя тяжелые металлы. Хорошо известно, что выделяющиеся грибами органические кислоты образуют с металлами соединения, менее токсичные и более доступные растениям, чем свободные ионы. Наряду с незаменимой ролью микромицетов в минерализации органических остатков многие их виды, как и энтеробактерии, могут создавать экологически опасные ситуации – заболевания растений, животных и человека.

В городских условиях структура микроорганизмов изменяется в сторону увеличения доли бактерий, адаптированных к этим условиям. Это пигментированные родококки и тесно связанные с человеком энтеробактерии, представленные в основном видами *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*. Индекс разнообразия бактерий по Фишеру для почв микрорайонов и рекреационных зон г. Иркутска изменяется от 0,4 до 3,8 (в среднем 1,4) при его фоновом (за городом) значении 4,0. Актиномицеты этих зон представлены родом *Streptomyces* различных форм, хорошо развивающихся в почвах с щелочной средой. Фитотоксичность почв города, характеризуемая показателем всхожести семян, составила 72–96%, что считается в пределах нормы.

Отмеченное минимальное количество сапрофитов в почвах г. Шелехова и Саянска (см. табл.) обусловлено не столько высокой санитарно-гигиенической культурой этих городов, сколько ингибирующим воздействием выбросов фтора и ртути развитых здесь алюминиевого и химического производств. По этой причине кишечная палочка в почвах практически не обнаруживалась. В то же время эти микроорганизмы создают неблагоприятную ситуацию в г. Иркутске, урбаноземы которого характеризуются также

наибольшей биомассой микроскопических грибов (0,3–0,9 мг/г) и актиномицетов (0,8–0,9 млн КОЕ/г). Последние в урбаногемах Саянска, в том числе в зоне «Химпрома», присутствуют в количестве 0,1–0,2 млн КОЕ/г. В целом микробиологическое загрязнение почв рассмотренных городов относится к категории умеренного и сильного с доминированием видов *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae* и в некоторой мере – *Escherichia coli*. Располагая базой данных по изучаемому показателю, можно сказать, что результаты сравнимы с анализом почв в европейской части России (Тульская область [5]).

Проведены наблюдения за экологическим состоянием почв локальных участков постоянного сверхнормативного автотранспортного загрязнения нефтепродуктами и выхлопными газами. Проанализированы пробы почвенного субстрата участков размещения в разных районах г. Иркутска 21 АЗС, различающихся периодами эксплуатации — от 3 до 60 лет. В напочвенном покрове первых преобладают сорные и рудеральные растения. С течением времени при уплотнении почвенного субстрата и десукции влаги длиннокорневищными видами (такими как полынь, донник и др.) наступает сукцессия – замена их рыхлокустовыми злаками (такими как пырей ползучий, мятлик узколистный, костер безостый) с участием разнотравья (полынь горькая и обыкновенная, подорожник ланцетный, клевер ползучий, тысячелистник обыкновенный, подмаренник обыкновенный). Проективное покрытие изменяется от 50 до 90%.

Доминирование в микрофлоре ненарушенных почв Сибири микроскопических грибов с преобладанием в биомассе светлоокрашенного мицелия над темноокрашенным в целом сохраняется в почвенном субстрате АЗС. Однако при достаточно высоком здесь уровне биомассы светлоокрашенного мицелия (0,11–0,50 мг/г) и темноокрашенного (0,04–0,30 мг/г) в некоторых случаях соотношение этих форм обратное, что рассматривается как посттехногенный эффект. Опытные данные фитотоксичности этого субстрата показали его ингибирующее (в среднем 33%) влияние на всхожесть семян высших растений.

В то же время наряду с преобладающей средней степенью биологической активности субстрата (4–8 ч разложения карбамида) на АЗС она оказалась сравнительно высокой (менее 4 ч), что характеризует интенсивность процессов трансформации соединений биогенного азота и позволяет прогнозировать его потерю в почвах. Развитию этой тенденции способствует смещение реакции среды техногенно-измененных почв в сторону щелочных значений (рН 8–9). Данный факт можно рассматривать как негативный. При этом заметно снижается корреляционная связь рН почвенного субстрата с его биологической активностью ($R = 0,56$) в отличие от этого показателя почв г. Иркутска (0,7) и фоновых почв (0,8). В этом прослеживается расшатывание функциональных свойств почв, находящихся в режиме интенсивного техногенеза.

Заключение

Исследование функциональных свойств городских почв Приангарья показало трансформацию щелочно-кислотных свойств. Следует отметить, что рН почв имеет тенденцию смещаться в область щелочных значений. Выявлен высокий и средний уровень биологической активности почв как информативный и интегральный показатель, который связан с щелочно-кислотными свойствами. Данный факт указывает на потенциальную возможность благоприятного течения процессов самоочищения почв. Исключением являются некоторые почвы в модуле постоянного техногенного воздействия (территория г. Саянска, промышленные зоны, АЗС, перекрестки у светофоров).

Структура микроорганизмов в городских условиях изменяется в сторону увеличения доли бактерий, адаптированных к этим условиям. Оценка санитарного состояния почвенного покрова показывает, что по нормативам он относится к категориям умеренного и (или) сильного загрязнения.

В целом полученная информация наряду с ее научной новизной дает основание для комплексного практического анализа региональных эколого-биохимических проблем и определения стратегии оптимизации среды обитания, а в целом – качества жизни населения в промышленных городах. Сказанное выше согласуется с новой концепцией экологической реконструкции и оздоровления урбанизированной среды [10].

Список литературы

1. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. Гаузе Г.Ф. Преображенская Т.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. М.: Наука, 1983. – 245 с.
3. Гигиенические нормативы / Под. ред. Г.Г.Онищенко. – СПб: Проффессионал, 2011. – С. 118.
4. ГОСТ 17.4.02. – 84. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». – М.: Изд-во стандартов, 1984. – С. 4.
5. Евстапова Я.В., Акатова Е.В. Определение бактерий группы кишечной палочки в почвах Тульской области. Экология родного края: проблемы и пути решения. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2014. – С. 64–66.
6. Литвинов М.А. Определитель микроскопических почвенных грибов. – Л.: Наука, 1967. – 303 с.

7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 303 с.
8. Напрасникова Е.В. Уреазная активность и рН как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1345–1352.
9. Определитель бактерий Бердже. – Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта. – М.: Мир, 1997. – Т.1– 303 с.
10. Фоков Р.И. Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2012. – 304 с.

Рецензенты:

Бессолицына Е.П., д.г.н., к.б.н., в.н.с. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск;

Давыдова Н.Д., д.г.н., в.н.с. Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск.