

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOIL MICROORGANISMS COMMUNITY IN THE AREA OF THE NUCLEAR POWER PLANT LOCATION

**N. Pavlova
M. Rasskazova
N. Amosova**

Summary. In this work received and analyzed the results of biological monitoring of soil biochemical indicators of soil microbocenosis functioning. Anthropogenic impact on the soil can change the conditions of existence of soil microorganisms, disrupt the normal flow of the processes of transformation of substances. Soil microorganisms are the main provision in such crucial elements as C, N, P, S, etc. In the early stages of development technogene ecosystems soil microbocenosis are the most informative diagnostic component of biota, therefore the condition of soil microorganisms used for biological monitoring of Obninsk soil, in whose region nuclear power plant is located. An important place in this work given to the justification of the choice of indicators of biological activity of soils for biomonitoring.

Keywords: enzymatic activity of soils, biological diagnostics of soils, heavy metals, radionuclides.

Павлова Надежда Николаевна

К.б.н., Обнинский институт атомной энергетики —
филиал Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)
nadpavl@yandex.ru

Рассказова Марина Михайловна

К.б.н., Обнинский институт атомной энергетики —
филиал Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)
rassmarina@mail.ru

Амосова Наталья Владимировна

К.б.н., Обнинский институт атомной энергетики —
филиал Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)
amosovan@yandex.ru

Аннотация. В представленной работе получены и проанализированы результаты биологического мониторинга почв по биохимическим показателям функционирования почвенного микробоценоза. Антропогенные воздействия на почву могут изменять условия существования почвенных микроорганизмов, нарушать нормальное протекание процессов трансформации веществ. Почвенные микроорганизмы занимают основное положение в циклах таких жизненно важных элементов, как C, N, P, S и др. На ранних стадиях развития техногенных экосистем почвенные микробоценозы являются наиболее информативной диагностической компонентой биоты, поэтому состояние почвенных микроорганизмов использовано при проведении биологического мониторинга почв г. Обнинска, на территории которого расположено предприятие атомной энергетики. Существенное место в данной работе отводится обоснованию выбора показателей биологической активности почв в целях биомониторинга.

Ключевые слова: ферментативная активность почв, биологическая диагностика почв, тяжелые металлы, радионуклиды.

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретают мероприятия по оценке экологических последствий техногенного загрязнения городов. Это в равной степени относится как к крупным промышленным центрам, так и к малым городам. В качестве модели для поиска закономерностей изменения экологического состояния малых городов был выбран г. Обнинск Калужской области, который является уникальным научным городом, основанном в 1956 г. в 100 км к юго-западу от Москвы. На его территории функционировала Первая в мире атомная электростанция. Сейчас в городе продолжают исследования в области атомной энерге-

тики, ядерной техники, радиационных технологий и медицинской радиологии. Город, сформированный как город науки, стал первым наукоградом России, но его инфраструктура расширяется. Появляются предприятия нефтехимической промышленности, металло- и деревообработки, гальванические производства. В выбросах и сбросах этих предприятий содержатся тяжелые металлы и другие поллютанты [5, 14]. Почва, как известно, является основным аккумулятором загрязняющих веществ, а почвенная биота, в первую очередь, микробоценозы — достаточно чутким индикатором техногенного загрязнения [9]. В литературе имеется огромное множество сведений о влиянии тяжелых металлов на изменение ферментативной активности почв [7].

Таблица 1. Результаты тестирования гипотезы о нормальности

поллютант	каталазная активность	инвер-тазная активность	уреазная активность	дегидро-геназная активность	эмиссия CO ₂	азотфиксация	денитрификация
⁴⁰ K	+/+	+/-	+/-	+/+	+/+	+/-	+/-
¹³⁷ Cs	-/+	-/-	-/-	-/+	-/+	-/-	-/-
²³² Th	+/+	+/-	+/-	+/+	+/+	+/-	+/-
Cd	+/+	+/-	+/-	+/+	+/+	+/-	+/-
Co	+/+	+/-	+/-	+/+	+/+	+/-	+/-
Ni	+/+	-/-	-/-	+/+	-/+	-/-	-/-
Pb	-/+	-/-	-/-	-/+	-/+	-/-	-/-
Zn	-/+	-/-	-/-	-/+	-/+	-/-	-/-

«+» — гипотеза о нормальности не отвергается, «-» — отвергается.

Таблица 2. Уровни значимости коэффициента корреляции.

поллютант	каталазная активность	инвер-тазная активность	уреазная активность	дегидро-геназная активность	эмиссия CO ₂	азотфиксация	денитрификация
⁴⁰ K	0,16	0,28	0,27	0,19	0,08 (+)	0,09 (-)	0,46
¹³⁷ Cs	0,05 (+)	0,43	0,05 (+)	0,01 (-)	0,05 (+)	0,05 (-)	0,40
²³² Th	0,43	0,45	0,32	0,01 (-)	0,06 (+)	0,02 (-)	0,36
Cd	0,36	0,29	0,45	0,15	0,09 (+)	0,16	0,08 (+)
Co	0,36	0,15	0,41	0,24	0,01 (+)	0,08 (-)	0,07 (+)
Ni	0,26	0,45	0,05 (+)	0,04 (-)	0,10 (+)	0,14	0,44
Pb	0,31	0,50	0,17	0,19	0,49	0,48	0,059 (+)
Zn	0,16	0,49	0,27	0,07(-)	0,43	0,03 (-)	0,34

Целью настоящей работы являлось определение наиболее информативных показателей биологической активности почв для проведения биомониторинга территорий, на которых расположены радиационно-опасные объекты.

Объекты и методы

Для оценки состояния почвенной биоты было отобрано 60 образцов почв на территории г. Обнинска, санитарно-защитной зоны градообразующего предприятия Государственного научного центра Физико-энергетического института (ГНЦ РФ-ФЭИ), вблизи хранилища радиоактивных отходов (РАО), очистных сооружений города, вдоль основных улиц не далее 10–20 м от проезжей части, в лесных массивах, скверах, парках и дворах. Почвы исследуемой территории дерново-подзолистые [14].

В представленном исследовании весь город был условно разделен на три зоны (по 20 точек в каждой зоне):

1 зона — «лесо-парковая» (в нее входят образцы почв парков и лесных массивов)

2 зона — «город» (в нее входят образцы почв вдоль основных улиц города, вдоль железной дороги и др.)

3 зона — «зона влияния ГНЦ РФ-ФЭИ» (в нее входят образцы почв санитарно-защитной и рекреационной зон ФЭИ);

Во всех образцах почв была исследована биологическая активность сообщества почвенных микроорганизмов по семи биологическим показателям: каталазная, дегидрогеназная, уреазная и инвертазная активности, эмиссия CO₂, денитрификация, азотфиксация.

В пробах также анализировали содержание тяжелых металлов Cd, Co, Pb, Ni, Zn атомно-абсорбционным методом [11], удельную активность ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ²³²Th гамма-спектрометрическим методом [10], актуальную и потенциальную кислотность потенциометрическим методом, механический состав по методу Рутковского и содержание органического вещества методом прокаливания [13]. Анализ ферментативной активности проводили газометрическим, хроматографическим и фотоколориметрическими методами [15].

Результаты и обсуждение

По результатам проведенных нами гамма-спектрометрических измерений уровень удельной активности радионуклидов в образцах исследуемых почв не превышает уровень незагрязненных дерново-подзолистых почв [8]. Проведенный нами регрессионный анализ не выявил достоверной зависимости изменения биологических показателей от загрязнения почв радионуклидами. Это, возможно, связано с тем, что микроорганизмы радиорезистентны.

В результате измерения содержания тяжелых металлов в почвенных образцах было установлено, превышение ПДК в среднем в 1,5–3 раза по каждому металлу в 20% точек отбора проб. Причем в 40% этих загрязненных проб обнаружено сочетанное загрязнение по двум металлам (превышение ПДК в 2–3 раза по каждому). Большая часть загрязнения локализована в промышленной зоне. 20% точек с превышением ПДК обнаружено в придорожной зоне. Полученные результаты позволили нам охарактеризовать уровень загрязнения почв исследуемой территории как низкий.

Для оценки изменений биологической активности исследуемых почв были привлечены результаты анализа кислотности почв, содержания органического вещества и механического состава. Обнаружено, что в 40% образцов почв pH смещена в щелочную область, в 60% — в кислую. По данным, приведенным в [5], на территории Калужской области преобладают кислые почвы с pH 5,1–5,9. Многими исследователями показано, что химические свойства городских почв, в первую очередь их кислотность, обычно отличаются от естественных почв. Различия обусловлены как особенностями строения профиля городских почв, так и процессами, вызванными техногенными воздействиями на почвы (загрязнение тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями и др.). Для городских почв характерны изменения pH в сторону подщелачивания. Высокие значения pH можно объяснить такими причинами, как попаданием в почву хлоридов кальция и натрия в результате обработки ими зимой дорог и тротуаров; высвобождение кальция из различных строительных материалов и отходов (известь, цемент, кирпич, строительный мусор и т.п.), что характерно, например, для промышленной зоны г. Обнинска. Известно, что сдвиг pH в щелочную сторону приводит к изменению физико-химических, геохимических и биологических процессов в почвенном профиле [6]. В гумусовых горизонтах увеличивается содержание обменных катионов, что приводит к повышению буферности почв. Основные почвенные компоненты — органическое вещество, железистые и глинистые минералы, во многом определяют способность почвы к прочному

закреплению металлов и снижению их миграционной способности, а также биологической доступности [4]. Содержание органического вещества в исследуемых образцах изменяется от 4 до 10%, что характерно для дерново-подзолистых почв. По механическому составу в 70% точек пробоотбора почва дерново-подзолистая супесчаная и в 30% — легкосуглинистая.

Экспериментальные данные обработаны статистическими методами анализа, основанными на математической теории обнаружения корреляционных зависимостей между исследуемыми показателями биологической активности почвенного микробиоценоза и содержанием тяжелых металлов и радионуклидов в анализируемых образцах почв [1]. Критерий значимости корреляции получен в предположении нормальности измеряемых величин. Для проверки нормальности использовались центральные выборочные моменты распределения, а именно асимметрия и эксцесс, выражаемые через эти моменты.

В таблице 1 приведены результаты тестирования на нормальность для пар измерений (x_i, y_i). Отметим, что отклоненных и принятых гипотез о нормальности приблизительно одинаково. Заметные отклонения от нормального вида, по представленным данным, являются достаточно редкими событиями и не относятся к событиям, где коэффициент корреляции имеет высокую значимость.

В таблице 2 показана оценка значимости влияния фактора (тяжелый металл или радионуклид) на показатели биологической активности почвенных микробиоценозов. В скобках приведено увеличение (+) или уменьшение (–) биологической активности в зависимости от концентрации поллютанта в почве для уровня значимости менее 10%.

Заключение

Из полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее статистически значимыми показателями для биологического мониторинга техногенно загрязненных территорий являются такие биологические показатели функционирования сообщества почвенных микроорганизмов, как эмиссия CO_2 , азотфиксация и дегидрогеназная активность.

Используемый в работе комплекс экспресс-диагностических методов оценки биохимической и функциональной активности почвенных микроорганизмов может быть применен для выявления районов, подвергшихся техногенному загрязнению в результате аварий на предприятиях атомной и химической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.
2. Денисова Т.В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. и др. Влияние гамма-излучения на биологические свойства почв (на примере чернозема обыкновенного) // Почвоведение, 2005. — Денисова Т.В., Казеев К. Ш. Восстановление ферментативной активности чернозема после воздействия гамма-излучения // Радиационная биология. Радиоэкология, 2006. Т. 46. № 1. С. 89–93.
3. Добровольский В. В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение, 1997. № 4. С. 431–441.
4. Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2002...2008 гг. Калуга: Манускрипт, 2002...2008. 336 с.
5. Касимов Н.С., Перельман А. И. О геохимии почв // Почвоведение, 1992. № 2. С. 9–26.
6. Колесников С.И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Почвоведение, 2002. № 12. С. 1509–1514.
7. Коренков И.П., Прозоров Л. Б., Шатохин А. М., Егоров А. В. Рентгеноспектрометрический метод определения плутония в почве, грунтах и донных отложениях // Гигиена и Санитария, 2006. № 2. С. 72–75.
8. Ладонин Д.В., Карпухин М. М. Влияние основных почвенных комплексов на поглощение Cu, Zn и Pb городскими почвами // Вест. Моск. ун-та. Сер.17. Почвоведение. 2008. № 3. С. 33–38.
9. МУ «Методика выполнения измерений содержания гамма-излучающих радионуклидов на сцинтилляционных и полупроводниковых гамма-спектрометрах». Обнинск: НПП «Радиационный контроль», 1994. 48с.
10. Методические указания по определению тяжелых металлов в кормах и растениях и их подвижных соединений в почвах. Изд-е 2-е перераб. и доп. М.: ЦИНАО, 1992. 62 с.
11. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств: ежегодник / М-во природных ресурсов и экологии РФ, Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Росгидромет, Фед. гос. бюджет. учреждение «Науч.-произв. объединение «Тайфун»; сост. М. Н. Каткова. -Обнинск: ФГУ «НПО «Тайфун», 2012–2013.
12. Роуэлл Д. Л. Почвоведение: методы и использование / Пер.с англ. Е. К. Кубиковой; под. ред. и с предисл. Б. Н. Золотаревой. М.: Колос, 1998. 486 с.
13. Силин И. И. Экология и экономика природных ресурсов бассейна р. Протвы. (Московская и Калужская области). Калуга, 2003. 323с.
14. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252с.

© Павлова Надежда Николаевна (nadpavl@yandex.ru),

Рассказова Марина Михайловна (rassmarina@mail.ru), Амосова Наталья Владимировна (amosovan@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Обнинский институт атомной энергетики — филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)