

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ

Подолец А.А.,¹ Феоктистова И.Д.¹

¹Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия (600000. г. Владимир, ул. Горького, 87), e-mail: aleksei_podolec@mail.ru

В данной статье исследуются вопросы влияния антропогенного воздействия на биохимические параметры почвы. В качестве загрязнителя был выбран отход машиностроительных предприятий – гальванический шлам, содержащий опасные для окружающей среды тяжелые металлы. В почвенных образцах, в которые были внесены высокие дозы ионов тяжелых металлов, были проведены измерения активности ферментов, катализирующих наиболее важные биохимические процессы, протекающие в почве: каталазы, отвечающей за разложение перекиси водорода, уреазы, катализирующей гидролиз мочевины, целлюлозолитической активности, нитрифицирующей активности, для выяснения способности почв к мобилизации органических соединений азота и активности почвенного дыхания. Проведенные исследования показали, что под действием высоких концентраций тяжелых металлов происходит угнетение ферментативной активности почвы, причем наблюдается неодинаковое по степени воздействие тяжелых металлов на биохимические параметры почв. По результатам работы составлен ряд, отражающий чувствительность почвенных ферментов к загрязнению тяжелыми металлами. Наиболее чувствительной к воздействию тяжелых металлов в этом ряду оказалась целлюлозолитическая активность.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, ферментативная активность

INFLUENCE OF HIGH CONCENTRATION OF IONS OF HEAVY METALS ON INDICATORS OF FERMENTATIVNY ACTIVITY OF SOILS

Podolets A.A.,¹ Feoktistova I.D.¹

¹Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, Russia (600000, Vladimir, Gorky Str., 87), e-mail: aleksei_podolec@mail.ru

This paper explores the issues of the impact of anthropogenic impacts on the biochemical parameters of soil. As the contaminant was chosen departure engineering companies - galvanic sludge containing environmentally hazardous heavy metals. The soil samples were made in which high doses of heavy metals were measured activity of enzymes which catalyze the most important biochemical processes occurring in the soil: catalase responsible for the decomposition of hydrogen peroxide, the urease catalyzes the hydrolysis of urea, cellulolytic activity, nitrifying activity to determine the capacity of soils to mobilize organic nitrogen compounds and the activity of soil respiration. Studies have shown that under the action of high concentrations of heavy metals occurs inhibition of the enzymatic activity of the soil, and there is an unequal degree of exposure to heavy metals on biochemical parameters of soil. The result of the drawn line, reflecting the sensitivity of soil enzymes, to heavy metal contamination. Most sensitive to the effects of heavy metals in this series was cellulolytic activity.

Keywords: soil, heavy metals, enzymatic activity

В современном мире процессы урбанизации становятся все интенсивнее, их масштабы постоянно увеличиваются. Все компоненты окружающей среды урбанизированных территорий испытывают постоянное давление техногенного пресса. Состояние почв городских территорий требует особого внимания, так как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства приводит к «компрессии» почвенной системы, ведет к изменению практически всех ее компонентов, начиная с агрохимических и физических свойств и заканчивая микробиологическими и биохимическими показателями, лишая почвенный покров в городах способности выполнять экологические функции.

Микробиота и биохимические параметры почвы под влиянием антропогенного воздействия изменяются в первую очередь, поэтому именно они считаются многими исследователями наиболее чувствительными к загрязнению показателями состояния почвенного покрова [2]. В силу особенностей промышленного производства (таких как машиностроение, приборостроение, металлообработка) во Владимирской области ежегодно образуется значительное количество промышленных отходов, содержащих тяжелые металлы и, в частности, гальванические шламы (ГШ). Чтобы уменьшить количество образующихся ГШ, их предлагается утилизировать [9, 11], причем полученные товарные продукты, содержащие в своем составе в качестве добавки ГШ, должны быть экологически безопасны для окружающей среды [8]. Однако большая часть отходов, содержащих тяжелые металлы, остается на территориях промышленных предприятий или вывозится на несанкционированные свалки, что ведет к загрязнению почв и грунтов, из которых ТМ активно мигрируют в сопредельные среды.

Цель исследования

Изучить пространственную изменчивость ферментативной активности почв городских территорий, загрязненных тяжелыми металлами, для оценки экологического состояния почвы.

Объекты и методы исследования

Для установления характера зависимости ферментативной активности почвы от уровня загрязнения тяжелыми металлами в лабораторных условиях был поставлен опыт в вегетационных сосудах. ТМ вносили в почву в составе промышленных отходов — осадков нейтрализации гальваностокков, полученных с одного из приборостроительных заводов Владимирской области, в количестве 3,5 кг/м².

Почвенные пробы для анализа отбирали с участков на глубинах (см) от 0–15, 15–30, 30–45 тростьевым буром. С каждого вегетационного сосуда на каждой из глубин отбиралось по три объединенные пробы. Отбор и анализ проб проводили через 3 месяца после внесения гальваношлама. Для постановки опытов в лабораторных условиях использовалась дерново-подзолистая почва, отобранная с реперного участка Владимирской области.

В почвенных образцах определяли следующие показатели: целлюлозолитическую активность (апликационным методом в чашках Петри путем учета остаточного количества нерасщепленной целлюлозы [1]); каталазную активность и дыхание почвы (газометрическим методом [5]), уреазную активность (фотоколориметрически [7]), нитрифицирующую активность (потенциометрическим методом). Определение валового содержания ТМ проводили рентгеноспектральным флуоресцентным методом на приборе «Spectroskan-МАКС-G».

Результаты исследования и их обсуждение

Для исследования влияния ТМ на показатели ферментативной активности, был проведен анализ почвы, который показал, что после внесения ГШ в дозе 3,5 кг/м² валовое содержание ТМ в корнеобитаемом слое почвы стало превышать его концентрацию на незагрязненной почве и стало характеризоваться как «очень высокое» (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в исследуемой почве, после внесения ГШ в количестве 3,5 кг/м²

	Ni мг/кг	Cu мг/кг	Cr мг/кг
контроль	25	15	72
опыт	3610	2310,8	938

Полученные данные указывают на значительные превышения концентраций ТМ относительно контроля в 144,4, 154 и в 11,4 раз по никелю, меди и хromу соответственно.

Исследованиями, проведенными С.И. Колесниковым с соавторами, установлено, что при загрязнении почвы ТМ одними из первых нарушаются функции почвы, связанные преимущественно с ее химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами: источник элементов питания и энергии, сорбция веществ и микроорганизмов, стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов. Выполнение этих функций, в частности, зависит от активности ферментов.

В исследованной почве было проведено измерение активности ферментов, катализирующих наиболее важные биохимические процессы, протекающие в почве: каталазы, отвечающей за разложение перекиси водорода, уреазы, катализирующей гидролиз мочевины, целлюлозолитической активности, нитрифицирующей активности, для выяснения способности почв к мобилизации органических соединений азота и активность почвенного дыхания.

Изучение интенсивности нитрификации показало, что почва контрольных образцов характеризуется большей активностью процесса нитрификации по сравнению с почвой с высоким содержанием тяжелых металлов. Высокая интенсивность нитрификации в почвах свидетельствует о завершении переработки продуктов распада органических соединений и активно идущем процессе самоочищения (табл. 2).

Таблица 2

Активность процесса нитрификации почвы с высоким содержанием ТМ

Глубина отбора проб, см	Нитрифицирующая активность, количество нитратов после 30-дневной экспозиции, мг/100 г почвы	
	контроль	опыт
0–10	8,919	7,418
10–20	1,289	2,24
20–40	0,195	1,8635

Отмечалось снижение активности нитрификации по профилю.

Роль каталазы в почве велика и заключается в разрушении опасной для растений перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания растений и в результате биохимических реакций окисления органических веществ [3]. Каталазная активность исследованной почвы уменьшалась по профилю в большинстве изученных образцов (табл. 3), что представляется закономерным, так как количество органического вещества уменьшается в почве вниз по профилю, однако результаты, полученные в образцах с содержанием высоких концентраций ТМ, несколько выше контрольных.

Таблица 3

Каталазная активность почвы с высоким содержанием ТМ

Глубина отбора проб, см	Каталазная активность почвы, мл O ₂ / за минуту на 1 г почвы	
	контроль	опыт
0–10	1,5	1,8
10–20	1,45	1,5
20–40	1,4	1,5

Это можно объяснить разрушающим действием металлов на перекись водорода. Так, при добавлении незначительных количеств солей железа к растворам перекиси водорода, содержащих медную соль, наблюдалось увеличение скорости разложения на 200%. Резкое выраженное каталитическое действие оказывают ионы меди и железа, несколько более слабое — ионы хрома.

Результаты исследования уреазной активности почвы показали, что скорость разложения мочевины в верхнем слое контрольных образцов, изменяется в диапазоне 18,6–26,3 мг NH₃/10 г почвы в сутки и может считаться высокой. В образцах, подвергающихся влиянию тяжелых металлов, скорость разложения мочевины снижается и составляет в среднем 15,9–16,8 мг NH₃/10 г почвы в сутки (табл. 4).

Таблица 4

Уреазная активность почвы с высоким содержанием ТМ

Глубина отбора проб, см	Уреазная активность, Хср, мг NH ₃ /10 г почвы в сутки	
	контроль	опыт
0–10	26,3	16,8
10–20	24,6	15,6
20–40	18,6	15,9

В ходе исследований была изучена динамика целлюлозолитической активности почвы (табл. 5). При оценке целлюлозолитической активности почв (%) использовали следующую шкалу: очень слабая < 10, слабая 10–30, средняя 30–50, сильная 50–80, очень сильная > 80.

Таблица 5

Целлюлозолитическая активность почвы с высоким содержанием ТМ

Глубина отбора проб, см	Целлюлозолитическая активность, Хср, разложения фильтра после 30 дневной экспозиции, %	
	контроль	опыт
0–10	33,89	21,76
10–20	12,19	9,6
20–40	10,46	4,6

Дерново-подзольные почвы в контрольных образцах характеризуются средней (очень слабой) целлюлозолитической активностью (степень разложения фильтра >30 %), так как они бедны органическим веществом, азотом, подвижными формами фосфора и калия, а именно эти условия обуславливают высокую интенсивность разложения целлюлозы. Исследованные нами почвенные образцы загрязненной почвы по большей части характеризуются слабой целлюлозолитической активностью (степень разложения фильтра 10–30%) (табл. 5), это объясняется тяжелыми металлами, присутствующими в почве. Исследования показали, что верхний слой почвы в большинстве случаев обладал более высокой целлюлозолитической активностью по сравнению с нижележащими слоями. Нижележащие слои в загрязненной почве обладали очень слабой целлюлозолитической активностью (<10). Такие результаты мы связываем с тем, что верхние горизонты почвы содержат больше органического вещества, а также большей доступностью микроорганизмов, перерабатывающих клетчатку к кислороду воздуха. Многие исследователи рассматривают процесс распада клетчатки, осуществляемый микроорганизмами, как один из важнейших показателей плодородия почвы, определяющих уровень ее биогенности. Целлюлоза является

важным компонентом органического вещества, поэтому скорость разложения целлюлозы влияет на скорость разложения органики в почве в целом, что в свою очередь сказывается на состоянии зеленых насаждений.

В качестве одного из наиболее общих показателей биологической активности почв является «дыхание» почв — выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой. Выделение углекислого газа из почвы отражает интенсивность жизнедеятельности почвенной биоты, скорость минерализации опада и подстилки.

Интенсивность «дыхания» относится к лабильным современным признакам, но в то же время оно тесно связано с суммарной биологической активностью и является очень четким и выразительным показателем изменения скоростей процессов в сезонной динамике, при изменении погодных условий, при загрязнении почв и т.д.

Таблица 6

Дыхание почвы с высоким содержанием ТМ

Глубина отбора проб, см	Дыхание почвы, мг CO ₂ /100 г почвы за сутки	
	контроль	опыт
0–10	3,4	3,77
10–20	3,2	2,6
20–40	3	2,77

В верхнем слое почвы зафиксированы более высокие скорости продуцирования углекислоты, это можно объяснить возросшей скоростью оборота микробной биомассы.

Выводы

1. Загрязнение почвы высокими концентрациями ТМ отражается на активности почвенных ферментов: в ряду повышения чувствительности исследованные активности располагаются в следующем порядке: каталазная активность → дыхание почвы → нитрифицирующая активность → уреазная активность → целлюлозолитическая активность.
2. Наиболее чувствительной к воздействию тяжелых металлов оказалась целлюлозолитическая активность.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания по проекту № 37.2108.2014/К

Список литературы

1. Бабьева И.П., Агре Н.С. Практическое руководство по биологии почв. — М.: Изд-во МГУ, 1971. — 140 с.

2. Вяль Ю.А. Оценка биологической активности почв городских ландшафтов (на примере г. Заречный) / Ю.А. Вяль, А.В. Шиленков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Естественные науки. — 2009. — № 14 (18). — С. 7–10.
3. Гусев М.В. Микробиология / М.В. Гусев, Л.А. Минеева: учебник для студ. биол. специальностей вузов. Изд. 4-е, стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 464 с.
4. Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2012 году». Владимир. — Вып. 20. — 2013. — 106 с.
5. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
6. Мукинина И.А. Влияние экологических факторов на биологическую активность серых лесных почв // Лесоведение. — 2005. — № 5. — С. 41–45.
7. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 304 с.
8. Селиванов О.Г., Чухланов В.Ю., Селиванова Н.В., Михайлов В.А., Савельев О.В. Оценка экологической опасности полимерных строительных покрытий, наполненных гальваническим шламом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2013. — Т. 15. — № 3(6). — С. 1956–1960.
9. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Селиванов О.Г., Ширкин Л.А. Утилизация гальваношламов сложного состава // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — № 5(3). — С. 850–852.
10. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. — М.: Наука, 2005. — 252 с.
11. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В. Разработка защитного полимерного покрытия повышенной огнестойкости на основе модифицированного полиуретана, наполненного шламовым отходом // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. URL:[www.science-education.ru / 117-13214](http://www.science-education.ru/117-13214) (дата обращения: 09.07.2015)

Рецензенты:

Мищенко Н.В., д.б.н., профессор кафедры почвоведения института прикладной математики и информатики и био-нанотехнологий ВлГУ, г. Владимир;

Зинченко С.И., д.с.-х.н., профессор, зав. отделом агрофизики почвы, ГНУ Владимирский НИИСХ, г. Суздаль.