

2 Анализ загрязнения тяжелыми металлами мягких тканей двустворчатых моллюсков в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий / Т. В. Макаренко [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 2. – С. 39–47.

3 Уровень и температура воды в р. Сож по гидропосту г. Гомель сегодня [Электронный ресурс] // AllRivers. Уровень воды онлайн. – Гомель, 2019. – Режим доступа: <https://allrivers.info/gauge/sozh-gomel>. – Дата доступа: 19.04.2023.

УДК 631.465:504.5:549.25/29

Д. М. Емельянов

## ИЗМЕНЕНИЕ УРЕАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НИТРАТОМ СВИНЦА (II)

*Статья посвящена изучению влияния соединений свинца на уреазную активность дерново-подзолистой почвы. Установлен ингибирующий эффект ионов свинца в концентрациях, равных 1, 2 и 5 ПДК, на ферментативную активность почвы. Дана оценка возможности применения активности уреазы как индикаторного показателя на загрязнение почвенного покрова свинцом.*

**Введение.** Проблема оценки антропогенного воздействия на окружающую среду сохраняет высокую актуальность. Многочисленные загрязнители, поступаая в природные объекты агроландшафтов, урбанизированных и техногенных территорий, оказывают существенное влияние на каждый компонент биогеоценоза. Наиболее распространенным методом изучения влияния, оказываемого на биогеоценозы, является мониторинг с применением чувствительных индикаторных показателей, позволяющих определить и охарактеризовать наблюдаемые изменения, биологические и экологические нагрузки, оказываемые на живые объекты и их биохимические функции [1, с. 14].

Проблема поиска и выбора биологических показателей, способных адекватно характеризовать техногенную нагрузку на почвы, не теряет своей актуальности. К оптимальным показателям предъявляется ряд требований, которые включают точность, чувствительность, корреляцию с нагрузкой, универсальность для разных типов почв и загрязнений [2, с. 101].

Рядом авторов к числу чувствительных индикаторных показателей относится ферментативная активность почв. Активность почвенных ферментов ранее всего откликается на стрессовые ситуации, оказываемые техногенным воздействием, и отражает характер влияния загрязнителей на их главных продуцентов – микроорганизмы. Токсическое воздействие проявляется в ингибировании метаболических процессов, изменении численности и состава почвенной микробиоты [3, с. 48].

Одними из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды являются тяжелые металлы (ТМ). Из этой обширной группы высокой токсичностью обладают соединения свинца, относящегося к первому классу опасности. Данный металл входит в группу обязательного контроля при мониторинге состояния окружающей среды. Характер и степень воздействия свинца на почву определяются комплексом факторов: буферной способностью почвы, формой существования металла в почве, спецификой его взаимодействия с почвенными микроорганизмами, ферментами, растениями и др. [4, с. 689]. Ингибирующее действие свинца на ферменты обусловлено прежде всего его способностью образовывать комплексные соединения с белками. Ионы свинца обладают высоким сродством к сульфгидрильным группам, образует биокластеры хелатного типа и вытесняют другие металлы из активных центров ферментов [5, с. 61].

Ряд авторов отмечает возможность применения активности такого фермента, как уреазы (К. Ф. 3.5.1.5.), в качестве чувствительного индикаторного показателя влияния ТМ на почвенную микробиоту [6, с. 89].

Уреоамидогидролаза (уреазы) активно катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислого газа, которые в почвенном растворе взаимодействуют между собой с образованием преимущественно гидрокарбоната аммония, служащего источником азотного питания растений и микроорганизмов и поддерживающего азотный баланс в почве [1, с. 182]. Как и большинство почвенных ферментов, уреазы имеет преимущественно микробное происхождение [7, с. 46]. Попадая в почву, одна часть энзима находится в свободном состоянии вплоть до инактивации, другая – адсорбируется на почвенных коллоидах, что предохраняет фермент от различного рода воздействий и способствует его аккумуляции [7, с. 68].

Цель работы заключалась в изучении влияния свинца на уреазную активность дерново-подзолистых почв для оценки возможности применения показателя в качестве индикатора загрязнения почвенного покрова.

**Материалы и методы.** Объектом исследования служили образцы дерново-подзолистой почвы. Место и глубина отбора объектов исследования представлена в таблице 1. Определение физико-химических показателей показало, что содержание основных анионов-токсикантов ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , подвижных фосфатов), валовых и подвижных форм свинца не превышало предельно допустимых концентраций (ПДК).

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

№	Место отбора (расположение пробной площадки от обваловки полигона)	Глубина отбора проб, см	Уреазная активность почвы, $\text{NH}_3$ / 10 г почвы за 24 ч	Оценка по степени обогащенности почвы уреазой, $\text{NH}_3$ / 10 г почвы за 24 ч [1, с. 238]
1	Полигон ТКО г. Калининчи (2,5 км)	0–20	17,97	Средняя (10–30)
2	Полигон ТКО г. Калининчи (300 м)		49,00	Богатая (30–100)
3	Полигон ТКО г. Гомель (650 м)		136,50	Очень богатая (более 100)
4	Полигон ТКО г. Гомель (2,5 км)		82,25	Богатая (30–100)
Примечание: полигон ТКО – полигон твердых коммунальных отходов				

В условиях лабораторного эксперимента проведена оценка изменения активности фермента под влиянием соединений свинца (на примере  $\text{PbCl}_2$ ) с использованием экспресс-методики Т. В. Аристовской и М. В. Чугуновой [8, с. 142]. Данная методика основана на косвенной фиксации скорости разложения мочевины по скорости защелачивания воздушной среды инкубационного сосуда.

При закладке эксперимента были подготовлены контрольные и опытные образцы почвы (в трехкратной повторности). В контрольный образец почвы массой 50 г вносили раствор, содержащий 0,5 г мочевины. В опытные образцы почвы помимо мочевины вносили аликвоты растворенного хлорида свинца в концентрациях, соответствующих 1, 2 и 5 ПДК. Максимальное время инкубации составляло 36 ч, на протяжении которых фиксировали изменения рН до достижения предельного значения, равного 10 ед. рН.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Количественное определение уреазной активности проводили по методике А. Ш. Галстяна [1, с. 182] с дальнейшей оценкой по классификации Д. Г. Звягинцева [1, с. 238] (таблица 1).

Время начальных изменений значений щелочности среды на 0,5 ед. рН среды для контрольных вариантов составляло 1 ч в пробе с очень высокой обогащенностью ферментом (№ 3), 3 ч и 4 ч – при среднем (№ 1) и высоком (№ 2 и № 4) уровнях обогащенности соответственно. Установлено, что достижение максимального значения рН = 10 в контрольных образцах почвы наблюдалось в разные промежутки времени от начала эксперимента (рисунок 1). Для пробы со средней обогащенностью ферментом время достижения максимального значения рН составляло 18 ч (№ 1), для проб с высокой обогащенностью – 11 ч (№ 2) и 14 ч (№ 4). В пробе № 3 с очень высокой активностью фермента максимум рН был достигнут через 6 ч от начала эксперимента. Таким образом, полученные результаты обратно коррелировали с активностью уреазы в почвенных пробах (таблица 1, рисунок 1).

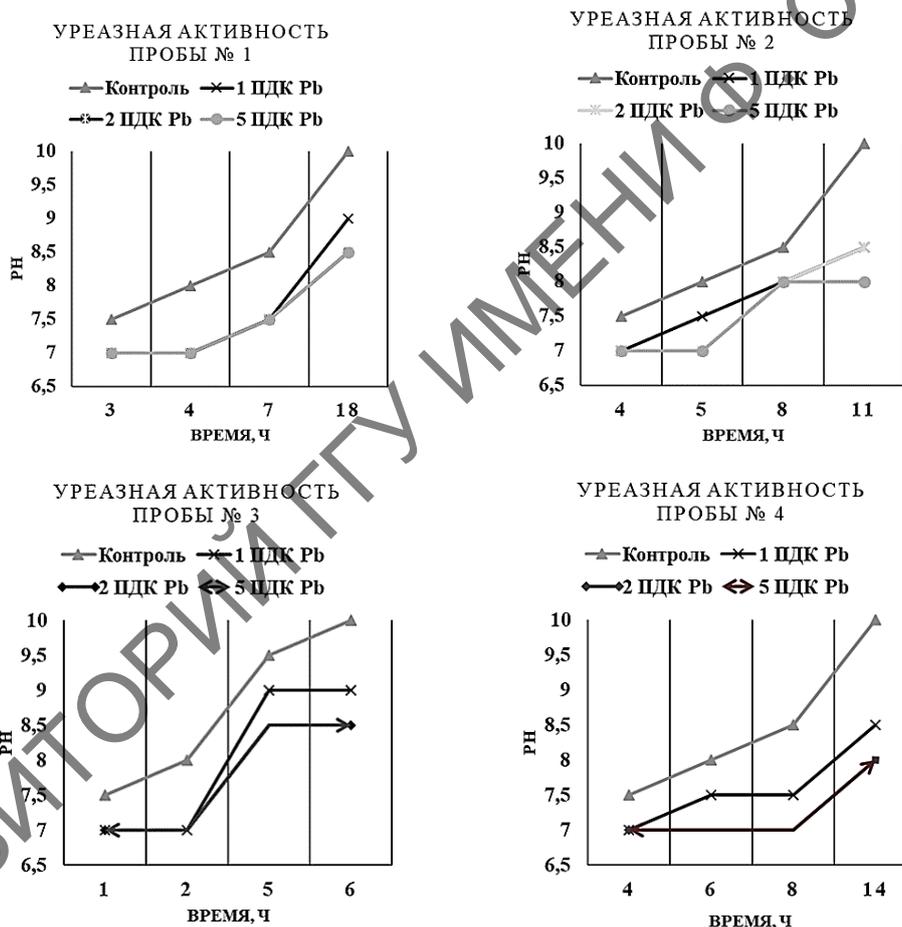


Рисунок 1 – Изменение уреазной активности почвы при загрязнении свинцом в концентрации 1–5 ПДК

Было выявлено, что в опытных образцах почвы при внесении загрязнителя на уровне 1 ПДК сохраняется более высокая активность уреазы по сравнению с вариантами опыта с внесением алиquot свинца, соответствующих 2 и 5 ПДК, что может быть связано с количественным ингибирующим воздействием, оказываемым хлоридом свинца.

Установлено, что во всех вариантах опыта, где применяли дополнительное внесение в почву хлорида свинца (1–5 ПДК), уровень значений рН в определенный период наблюдений не достигал такого в контрольных пробах. Выявлено, что наибольшее отклонение от контрольных значений рН было характерно для проб с высоким значением активности уреазы (№ 2 и № 4). Различия с контролем достигали 1,5 ед. рН при концентрации свинца 1 ПДК, 1,75–2 ед. рН при 2 и 5 ПДК соответственно.

Для пробы почвы с очень высокой активностью уреазы (№ 3) ингибирующее действие свинцового загрязнения по сравнению с контролем проявлялось в меньшей степени: порядка 50 % при 1–5 ПДК соответственно.

**Заключение.** В результате изучения влияния ионов свинца на уреазную активность дерново-подзолистых почв подтверждена обратная зависимость активности от концентрации токсиканта. В условиях эксперимента была отмечена общая тенденция к ингибированию уреазной активности при свинцовом загрязнении почвы уже на уровне 1 ПДК по сравнению с контролем, что потенциально указывает на возможность применения показателя в качестве индикатора загрязнения почвенного покрова.

### Литература

- 1 Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2012. – 260 с.
- 2 Казеев, К. Ш. Почвоведение. Практикум: учеб. пособие для СПО / К. Ш. Казеев, С. А. Тищенко, С. И. Колесников. – Москва : Юрайт, 2017. – 257 с.
- 3 Минеев, В. Г. Последствие различных систем удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы при загрязнении тяжелыми металлами / В. Г. Минеев, Л. А. Лебедев, А. В. Арзамасова // *Агрохимия*. – 2008. – № 10. – С. 48–54.
- 4 Водяницкий, Ю. Н. Соединения As, Pb и Zn в загрязненных почвах (по данным EXAFS-спектроскопии – обзор литературы) / Ю. Н. Водяницкий // *Почвоведение*. – 2006. – № 6. – С. 681–691.
- 5 Швакова, Э. В. Изменение активности уреазы при повышенных содержаниях тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu) в почве / Э. В. Швакова // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки*. – 2013. – № 2. – С. 61–66.
- 6 Галиулин, Р. В. Ферментативная индикация загрязнения почв тяжелыми металлами / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина // *Агрохимия*. – 2006. – № 11. – С. 84–96.
- 7 Абдуллаева Р. З. Ферментативная активность как один из факторов биологического потенциала почвы / Р. З. Абдуллаева // *Вестник Донского государственного аграрного университета*. – 2018. – №2–1 (28). – С. 65–71.
- 8 Аристовская, Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы / Т. В. Аристовская, М. В. Чугунова // *Почвоведение*. – 1989. – № 11. – С. 142–147.

УДК 630\*4

*Д. А. Заблоцкий*

### **ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧИСЛЕННОСТЬ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА В МОГИЛЕВСКОМ ЛЕСХОЗЕ**

*Статья посвящена выявлению видового состава и определению численности вредителей леса на территории Могилевского лесхоза. Обследование проведено на общей площади 605,7 га. Проведен феромонный мониторинг соснового шелкопряда,*