

**СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И
ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОДОЕМОВ В ГОРОДАХ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

А.М. Искондерова

студентка 4 курса биологического факультета,

О.М. Балаева-Тихомирова,

к.б.н, доц., ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика
Беларусь

Аннотация. В работе раскрывается особенность системно-экологического состояния почвенного анализа, показывающая возможность воздействия на почву различных видов человеческих факторов, связанных с деятельностью ферментов и содержания тяжелых металлов в почве. Установлено, что увеличение антропогенной нагрузки на почву приводит к накоплению ионов тяжелых металлов и ингибированию активности почвенных ферментов. Результаты исследования могут быть использованы в условиях биомониторинга и биодиагностики почв в городских районах с оценкой воздействия на щелочную среду, планирование землепользования.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, ионы тяжелых металлов, ферментативная активность.

В связи с увеличением степени антропогенной нагрузки на почву и уровня ее загрязнения, актуальным является поиск способа системного экологического анализа, основанного на сопоставлении диагностических показателей с типом почв, местом сбора проб и степенью антропогенной нагрузки, для возможности предотвращения дальнейшего загрязнения почвенного покрова Республики Беларусь и его деградацию [1].

Цель работы – определить содержание ионов тяжелых металлов и ферментативную активность почв в городах Республики Беларусь при влиянии различной антропогенной нагрузки.

Материал и методы исследования. Объект исследования являлась почва, в которой были определены концентрации подвижных форм тяжелых металлов (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+}), активность почвенных ферментов (каталазы, уреазы, протеазы, инвертазы).

Концентрации ионов меди (II), железа (III), свинца (II) и ртути (II) определялись спектрофотометрическим методом. Определение ионов цинка (II) в почве проводили комплексонометрическим титрованием [2,3]. Активность каталазы определяли титрометрическим методом, основанным на измерении количества неразложившейся перекиси [4]. Спектрофотометрическое определение активности протеазы проводили на основе учета количества аминокислот, образующихся при протеолизе внесенных в почву белков, путем связывания их в окрашенные комплексы [5]. Определение активности уреазы проводился спектрофотометрическим методом, по учету количества аммиака, образующегося при гидролизе карбамида. Активности инвертазы определяли по методу Ф.Х. Хозиева, основанного на количественном учете восстанавливающих сахаров [6]. Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 6.0. Достоверность различий учитывали при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Для проведения системного экологического анализа почв были сопоставлены активность ферментов, содержание ионов тяжелых металлов и степень антропогенной нагрузки.

Как видно из таблиц 1 и 2, в прибрежной зоне г. Новополоцк высокая концентрация ионов железа и цинка, низкая – меди, ртути и свинца, слабая активность каталазы, протеазы и уреазы, средняя активность инвертазы. В г. Орша установлена низкая концентрация ионов железа, меди, ртути и свинца, высокая – цинка, слабая активность протеазы, слабая активность инвертазы, средняя активность уреазы и очень высокая активность каталазы.

Таблица 1 – Содержание ионов тяжелых металлов (мг/кг) в почве прибрежной зоны водоемов ($M \pm m$)

Металл	Место сбора проб	Содержание иона металла в почве,
--------	------------------	----------------------------------

		мг/кг
Железо (Fe^{3+})	г. Новополоцк	$5,49 \pm 0,84$
	г. Орша	$2,78 \pm 0,19$
	г. Витебск	$4,36 \pm 0,10$
	г. Могилев	$1,67 \pm 0,01$
	г. Минск	$4,28 \pm 0,01$
Медь (Cu^{2+})	г. Новополоцк	$0,44 \pm 0,05$
	г. Орша	$0,55 \pm 0,08$
	г. Витебск	$1,19 \pm 0,18$
	г. Могилев	$0,44 \pm 0,02$
	г. Минск	$1,97 \pm 0,02$
Цинк (Zn^{2+})	г. Новополоцк	$31,41 \pm 0,60$
	г. Орша	$106,89 \pm 0,45$
	г. Витебск	$46,04 \pm 2,36$
	г. Могилев	$47,26 \pm 0,01$
	г. Минск	$125,14 \pm 0,05$
Ртуть (Hg^{2+})	г. Новополоцк	$0,028 \pm 0,0018$
	г. Орша	$0,028 \pm 0,008$
	г. Витебск	$0,024 \pm 0,007$
	г. Могилев	$0,013 \pm 0,008$
	г. Минск	$0,031 \pm 0,017$
Свинец (Pb^{2+})	г. Новополоцк	$2,35 \pm 0,02$
	г. Орша	$2,06 \pm 0,03$
	г. Витебск	$1,98 \pm 0,13$
	г. Могилев	$1,64 \pm 0,06$
	г. Минск	$2,12 \pm 0,02$

Примечание: – * $P < 0,05$ по сравнению с предельно-допустимой концентрацией металла (↓ во столько раз меньше, ↑ во столько раз больше)

В г. Витебск установлено низкое содержание ртути и свинца, среднее содержание ионов железа и меди, высокое содержание ионов цинка, слабая активность каталазы, средняя активность протеазы и инвертазы, очень высокая – уреазы. В г. Могилев зафиксирована низкая концентрация железа, меди, ртути и свинца, высокая концентрация цинка, средняя активность каталазы и протеазы, слабая активность инвертазы, высокая активность уреазы. В г. Минск низкая концентрация железа, меди, ртути и свинца, высокая концентрация цинка,

слабая активность каталазы и протеазы, средняя активность инвертазы, высокая активность уреазы.

Как видно из таблицы 1, превышена предельно-допустимая концентрация железа в прибрежной зоне водоема в г. Новополоцке, цинка – в почвах всех исследуемых городов. Установлено пониженное содержание ионов ртути и свинца в о всех исследуемых образцах.

Активность каталазы в сравнении со средней активностью фермента выше в г. Орша в прибрежной зоне водоема (таблица 2). Большое влияние на активность каталазы почв оказывает растительность. Почвы, находящиеся под растениями с мощной глубоко проникающей корневой системой, характеризуются высокой активностью каталазы.

Таблица 2 – Сравнительная экологическая характеристика активности ферментов в почве ($M \pm m$)

Фермент	Место сбора проб	Прибрежная зона водоема
Каталаза см ³ О ₂ на 1 г за 1 мин	г. Новополоцк	2,44 ± 0,19
	г. Орша	45,22 ± 0,55
	г. Витебск	2,62 ± 0,08
	г. Могилев	2,72 ± 0,01
	г. Минск	1,81 ± 0,02
Протеаза мг альбумина на 10 г за 24 ч	г. Новополоцк	0,97 ± 0,24
	г. Орша	0,59 ± 0,07
	г. Витебск	1,53 ± 0,02
	г. Могилев	1,23 ± 0,01
	г. Минск	1,06 ± 0,01
Уреаза мг NH ₃ на 10 г за 24 ч	г. Новополоцк	6,29 ± 0,25
	г. Орша	25,74 ± 0,92
	г. Витебск	105,01 ± 0,34
	г. Могилев	83,51 ± 0,01
	г. Минск	106,03 ± 0,36
Инвертаза мг С ₆ Н ₁₂ О ₆ на 1 г за 24 ч	г. Новополоцк	10,22 ± 0,24
	г. Орша	11,72 ± 0,25
	г. Витебск	19,71 ± 0,84
	г. Могилев	12,76 ± 0,38
	г. Минск	24,23 ± 0,75

Примечание: – *P < 0,05 по сравнению со средней активностью фермента (↓ во столько раз меньше, ↑ во столько раз больше)

Активность протеазы в городах средняя, либо слабая. Активность протеазы выше в богатых органическим веществом и в более окультуренных почвах. Активность уреазы выше средней активности фермента отмечена в прибрежной зоне водоема в г. Витебск, г. Могилев и г. Минск. Почвы Республики Беларусь относятся к типу дерново-подзолистых почв, для которых активность протеазы и уреазы является объективным показателем уровня их окультуренности. Активность инвертазы в большинстве городов средняя, лишь в некоторых зонах слабая. Исследования показали зависимость между активностью ферментов в почве и содержанием тяжелых металлов в ней.

Заключение. Исследование подвижных форм металлов в почве показало, что в выбранных местах сбора образцов ионы металлов накапливаются по-разному. При сравнении содержания ионов тяжелых металлов с их предельно-допустимыми концентрациями в почве, выявлено превышение ионов цинка и железа. Содержание ионов ртути и свинца во всех городах очень низкое, не превышало предельно-допустимые концентрации. Исходя из результатов исследований активности ферментов и в сравнении их со шкалой сравнительной оценки ферментативной активности почвы отмечено, что активность каталазы в сравнении со средней активностью фермента ниже в прибрежной зоне водоема в г. Новополоцк, г. Витебск, г. Могилев и г. Минск. Слабая активность протеазы в прибрежной зоне водоема установлена в г. Новополоцк, г. Орша. Слабая активность уреазы установлена в прибрежной зоне водоема в г. Новополоцк. Слабая активность инвертазы выявлена вблизи водоема в г. Новополоцк, г. Орша, г. Могилев.

Таким образом, исследования показали зависимость активности ферментов в почве от содержания тяжелых металлов в ней. Чем больше концентрация тяжелых элементов в почве, тем слабее активность каталазы и протеазы, выше активность уреазы и инвертазы. Прибрежная зона водоемов оказалась загрязненной ионами тяжелых металлов, что объясняется использованием предприятиями городов воды в промышленных целях, осуществлению сброса сточных вод в реки и озера.

Список литературы

1. Абрамян, С.А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов / С.А. Абрамян // Почвоведение. – 1992. – №7. – С. 70–82.
2. Жерносек, А.К. Физико-химические методы анализа / А.К. Жерносек, И.С. Борисевич. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 12 с.
3. Золотов, Ю.А. Основы аналитической химии / Ю.А. Золотов. – М.: «Высшая школа», 1996. – 245 с.
4. Орлов, Д. С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д. С. Орлов, В. Д. Васильевская. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
5. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев. – М.: МГУК, 2005. – 241с.
6. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев – М.: Наука, 2005. – 252 с.

© *О.М. Балаева-Тихомирова, А.М. Искондерова, 2018*