УДК 579.26.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-110-113>

Краткий обзор/Brief review

Багирова Ч.З.*Институт микробиологии НАН Азербайджана,
г. Баку, ул. М.Мушвица, 103
E-mail: bagirovacinara85@gmail.com***Ключевые слова:** Сумгаит, почвы, тяжелые металлы, загрязнение, микроорганизмы, ферменты, воздействие тяжелых металлов**Для цитирования:** Багирова Ч.З. Воздействие тяжелых металлов на ферментативную активность почв г. Сумгаита. *Аграрная наука.* 2021; 353 (10): 110–113.<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-110-113>**Конфликт интересов отсутствует****Chinara Z. Bagirova***Institute of Microbiology of the National Academy of
Sciences of Azerbaijan, M.Mushviq st., 130, Baku
E-mail: bagirovacinara85@gmail.com***Key words:** Sumgayit, soil, heavy metals, pollution, microorganisms, enzymes, heavy metal exposure**For citation:** Bagirova Ch.Z. The effect of heavy metals on the enzymatic activity of the soils of Sumgait. *Agrarian Science.* 2021; 353 (10): 110–113. (In Russ.)<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-110-113>**There is no conflict of interests**

Воздействие тяжелых металлов на ферментативную активность почв г. Сумгаита

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию воздействия тяжелых металлов на ферментативную активность серо-бурой почвы г. Сумгаита. Выявлено, что загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к существенному снижению активности микроорганизмов, в том числе и целлюлозоразлагающих. По ингибирующему действию на численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов металлы можно расположить в ряду: Pb < Cu < Zn. Снижение целлюлозоразлагающей активности под действием высоких доз Cu составило 51%, Zn — 45%, Pb — 54%. Установлено достоверное снижение ферментативной активности при загрязнении тяжелыми металлами. С увеличением количества в почве свинца наблюдалось снижение активности инвертазы, в то же время наибольший отклик на загрязнение почвы свинцом обнаружен у фермента каталазы. Так, по сравнению с контролем, повышение активности фермента каталазы при наличии в почве свинца происходит при концентрации 1 ПДК, которое составляет более 33%. Дальнейшее повышение значений каталазной активности более чем в 2,0 раза обнаруживается при содержании свинца в почве около 4 ПДК. Это позволяет каталазную активность почв использовать в качестве индикатора загрязнения почв города Сумгаита тяжелыми металлами, в том числе свинцом.

The effect of heavy metals on the enzymatic activity of the soils of Sumgait

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the effect of heavy metals on the enzymatic activity of gray-brown soil in Sumgait. It was found that soil contamination with heavy metals leads to a significant decrease in the activity of microorganisms, including cellulose-decomposing ones. According to the inhibitory effect on the number of cellulose-decomposing microorganisms, metals can be arranged in a row: Pb < Cu < Zn. The decrease in cellulose-decomposing activity under the influence of high doses of Cu was 51%, Zn — 45%, Pb — 54%. A significant decrease in enzymatic activity was found in the presence of heavy metal contamination. With an increase in the amount of lead in the soil, a decrease in the activity of invertase was observed, at the same time, the greatest response to soil contamination with lead was found in the catalase enzyme. Thus, in comparison with the control, an increase in the activity of the catalase enzyme in the presence of lead in the soil occurs at a concentration of 1 MAC, which is more than 33%. A further increase in the values of catalase activity by more than 2.0 times is detected when the lead content in the soil is about 4 MAC. This allows the catalase activity of soils to be used as an indicator of soil contamination of the city of Sumgait with heavy metals, including lead.

Поступила: 12 сентября
После доработки: 15 сентября
Принята к публикации: 17 сентября

Received: 12 September
Revised: 15 September
Accepted: 17 september

Введение

Среди антропогенных факторов техногенного воздействия на городские экосистемы автомобильный транспорт и крупные промышленные предприятия занимают лидирующее место, формируя негативные экологические проблемы, которые ставят на повестку дня задачу повышения эффективности всей комплексной системы оптимизации механизмов функционирования урболандшафтов. Эта проблема решается путем создания современных методов управления антропогенными нагрузками на урбанизированные экосистемы, в основе которых лежит принцип их нормирования — разработка максимально допустимых объемов антропогенных и техногенных нагрузок. Однако до настоящего времени не создана единая методика нормирования антропогенных и техногенных нагрузок на урбанизированные экосистемы, не выявлен в достаточной степени полностью весь комплекс определяющих их факторов [1].

В результате их функционирования городские ландшафты оказываются под влиянием огромных масс пыли, сажи, отработанных газов, масел и десятков соединений, среди которых есть вещества, обладающих токсическими свойствами [2]. Особо ощутимо негативное воздействие автотранспорта на ландшафты крупных городов. Значительную роль в загрязнении почв придорожных территорий играют тяжелые металлы (цинк, медь, никель, свинец). Тяжелые металлы в почвах придорожных территорий представляют угрозу для человека, так как оральным путем вместе с частицами почвы могут поступать в его организм.

Почвенный микробиоценоз является одним из самых чувствительных индикаторов состояния любых почвенных экосистем, которые находятся под влиянием антропогенных и техногенных нагрузок. Особенности метаболических процессов трансформации органических и минеральных составляющих почвы определяются в основном комплексом почвенных ферментов, численностью и качественным составом микробиоценоза. Тесная корреляционная связь этих биосистем с химическими показателями определяют целостный характер функционирования микробно-ферментных систем. Это дает возможность оценивать допустимую степень техногенной нагрузки на почвенный покров [3], так как изучение физико-химических показателей почвенного покрова не всегда дает полную информацию о влиянии негативных факторов, связанных с антропогенным и техногенным воздействием на почвы и почвенный биоценоз. Однако с использованием биохимических и биологических методов можно с высокой степенью достоверности оценить экологическое состояние почвенного покрова, характер изменений состава его микробиоценоза и его чувствительность к техногенным воздействиям. Многими авторами отмечено торможение деструкции органического вещества при загрязнении почвы тяжелыми металлами [4, 5, 6, 7, 8], в первую очередь связанное с подавлением почвенной биоты.

В этой связи почвы практически во всех условиях техногенных воздействий обладают способностью поддерживать гомеостаз, что обеспечивается регуляторными механизмами, которые основаны на микробном и ферментном пуле, способном контролировать синтетико-деструктивные биохимические процессы в почве [9, 10].

Исследования, проведенные в Баку-Сумгаитском регионе, показали наличие в образцах почв и растений данного региона тяжелых металлов в концентрациях от следов до многократно превышающих ПДК этих элементов [11]. В воздушном бассейне города Сумгаита было выявлено содержание металлов — соединений ванадия — $0,01 \text{ мг/м}^3$ (5 ПДК), свинца — $0,05 \text{ мг/м}^3$ (3 ПДК), марганца — $0,03 \text{ мг/м}^3$ (3 ПДК), кадмия — менее $0,01 \text{ мг/м}^3$ [12]. Эти соединения тяжелых металлов в конечном итоге оседают на поверхность почвенного покрова.

В этой связи нами исследовано воздействие тяжелых металлов на биогенность городских почв г. Сумгаит.

Объекты и методы исследований

Объект исследования — почвы города Сумгаит. Тип: серо-бурые почвы *Qypisic calcisols soils* [13]. В качестве фоновой территории почву отбирали с территории Джейранбатанского водохранилища (целинный участок). Изучали влияние тяжелых металлов на микробиологическую активность серо-бурой почвы, а также при различных уровнях загрязнения определяли численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов и ферментативную активность почвы. Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов определяли на среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой [14]. Ферментативную активность почвы определяли по методу Хазиева Ф.Х. [15].

При изучении влияния различных форм тяжелых металлов на ферментативную активность почв при разных

Таблица 1. Численность микроорганизмов в почвах различных функциональных зон г. Сумгаита

Table 1. The number of microorganisms in the soils of various functional zones of Sumgait

№	Место отбора образцов	Общая численность гетеротрофных мк, КОЕ/г почвы	Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, КОЕ/г почвы
Парковая зона			
1	Парк Гейдара Алиева	$2,1 \pm 0,32 \cdot 10^6$	$2,2 \pm 0,11 \cdot 10^3$
2	Парк Людвигсхафен	$3,3 \pm 0,22 \cdot 10^5$	$2,1 \pm 0,15 \cdot 10^3$
3	Парк СОКАР	$2,9 \pm 0,30 \cdot 10^5$	$2,1 \pm 0,11 \cdot 10^3$
4	Парк Сахиль	$3,1 \pm 0,12 \cdot 10^5$	$2,3 \pm 0,16 \cdot 10^3$
Придорожная зона			
5	Ул. Сулх	$1,8 \pm 0,22 \cdot 10^5$	$1,5 \pm 0,21 \cdot 10^2$
6	Пр. Г. Алиева	$2,4 \pm 0,32 \cdot 10^5$	$1,3 \pm 0,21 \cdot 10^2$
7	Ул. Н. Нариманова	$2,2 \pm 0,21 \cdot 10^5$	$1,8 \pm 0,11 \cdot 10^2$
8	Ул. Иншаатчылар	$3,0 \pm 0,21 \cdot 10^5$	$1,1 \pm 0,14 \cdot 10^2$
Промышленная зона			
9	АО «Химпром»	$2,3 \pm 0,32 \cdot 10^4$	$1,0 \pm 0,16 \cdot 10^2$
10	Трубопрокатный завод	$1,9 \pm 0,30 \cdot 10^4$	$1,4 \pm 0,12 \cdot 10^2$
11	Алюминиевый завод	$3,2 \pm 0,21 \cdot 10^4$	$1,2 \pm 0,16 \cdot 10^3$
12	Суперфосфатный завод	$1,5 \pm 0,22 \cdot 10^4$	$1,2 \pm 0,11 \cdot 10^2$
13	Контроль	$4,5 \pm 0,28 \cdot 10^6$	$3,3 \pm 0,16 \cdot 10^5$

уровнях загрязнения нами в образец фоновой почвы вносились соли Cu, Zn, Pb по следующей схеме: 1) контроль; 2) 1 ПДК; 3) 2 ПДК; 4) 5 ПДК; 5) 10 ПДК.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Excel, Statistica V.4.5. В таблицах приведены среднестатистические данные.

Результаты

Результаты исследований показали, что почвенный покров функциональных зон Сумгаита характеризуется существенной разницей в численности микроорганизмов (табл. 1).

Наибольшая численность гетеротрофных микроорганизмов в городских почвах Сумгаит, как правило, была в почвах, отобранных с лесопарковой зоны — парка Гейдара Алиева, парка Людвигсхафен и др. Такая разница в численности микроорганизмов объясняется, вероятно, тем, что эти зоны в сравнительном плане подвергаются меньшему техногенному загрязнению, в них проводятся более интенсивные и частые работы по уходу за почвенным покровом — полив, уборка от постороннего мусора и др. Почвенный покров в районе расположения промышленных предприятий характеризуется меньшей численностью микроорганизмов по сравнению с природной или лесопарковой зонами.

В то же время мы определяли численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов при различных уровнях загрязнения и ферментативную активность почвы. Полученные результаты показали (табл. 2), что как через 25, так и через 50 дней инкубации загрязнение серо-бурой почвы тяжелыми металлами приводит к существенному снижению активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

В случае внесения Pb и Cu в возрастающих дозах целлюлозолитическая способность почвы уменьшалась постепенно. При внесении Cu и Zn уже в варианте загрязнения уровня 1 ПДК установлено резкое падение скорости распада клетчатки в срок наблюдения 25 и 50 дней.

Согласно данным нашего эксперимента, для оценки ингибирующего действия металлов на численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов их можно расположить в ряд:

$$\text{Pb} < \text{Cu} < \text{Zn}.$$

Существенный спад микробиологической активности почвы наблюдается с внесением Cu в количестве 5–10 ПДК.

Снижение целлюлозоразлагающей активности под действием высоких доз Cu составило 51%, Zn — 45%, Pb — 54%.

С повышением же концентрации в почве свинца в пределах исследованных нами концентрации обнаруживается закономерное повышение активности этого фермента (рис. 1).

Так, по сравнению с контролем, повышение активности фермента каталазы при наличии в почве свинца происходит при концентрации 1 ПДК, которое составляет более 33%. Дальнейшее повышение значений каталазной активности более чем в 2,0 раза обнаруживается при содержании свинца в почве около 4 ПДК. При кон-

Таблица 2. Воздействие тяжелых металлов на численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов и ферментативную активность почв

Table 2. The effect of heavy metals on the number of cellulose-decomposing microorganisms and the enzymatic activity of soils

Варианты	Наименование металла					
	цинк		медь		свинец	
	25 дней	50 дней	25 дней	50 дней	25 дней	50 дней
Чистая почва	$3,2 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^5$
1 ПДК	$2,2 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^5$
2 ПДК	$1,3 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$
5 ПДК	$1,7 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
10 ПДК	$1,1 \cdot 10^4$	$0,9 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$0,8 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$

центрации свинца 5 ПДК происходит увеличение активности каталазы уже в 1,8 раза.

С увеличением количества в почве свинца имеет место уменьшение активности инвертазы в присутствии свинца (рис. 2).

При содержании в почве свинца от 3 до 5 ПДК снижение активности было около 22%.

Выводы

Исследуемые показатели позволяют судить об изменениях биологической активности почв под действием антропогенного пресса.

Загрязнение серо-бурой почвы тяжелыми металлами приводит к существенному снижению активности микроорганизмов, в том числе и целлюлозоразлагающих.

Установлено достоверное снижение ферментативной активности при загрязнении тяжелыми металлами.

Рис. 1. Влияние свинца на каталазную активность почвы

Fig. 1. The influence of lead on the catalase activity of the soil

Рис. 2. Влияние свинца на инвертазную активность почвы

Fig. 2. The influence of lead on the invertase activity of the soil

С учетом того, что свинец является одним из приоритетных загрязнителей почвенного покрова в городах, нами исследовано влияние свинца на ферментативную активность городских почв г. Сумгаит. С увеличением количества в почве свинца наблюдалось снижение ак-

тивности инвертазы. Наибольший отклик на загрязнение почвы свинцом обнаружен у фермента каталазы. Это позволяет каталазную активность почв использовать в качестве индикатора загрязнения почв города Сумгаита тяжелыми металлами, в том числе свинцом.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Галишевская, В.В., Гришаева Л.В. Экологические проблемы городов. Норильск: НИИ, 2000. 74 с. [Galishvskaya, V. V., Grishaeva L. V. Ecological problems of cities-Norilsk: NII, 2000. 74 p. (In Russ.)]
2. Наджафова С.И. Экологическое состояние почвенного покрова вдоль основных автомагистралей г.Баку. *Вестник МГУ*, серия 17, Москва, №3, 2015, с.46-49 [Nadjafova S. I. Ecological state of the soil cover along the main highways of Baku. *Bulletin of the Moscow State University*, Ser. 17, Moscow, No. 3, 2015, pp. 46-49 (In Russ.)]
3. Алексеенко Е.В. Культурные ландшафты города Омска: проблемы и перспективы. *Омский научный вестник*. № 6 (41). 2006. с. 280 - 283 [Alekseenko E. V. Cultural landscapes of the city of Omsk: problems and preferences. *Omsk Scientific Bulletin*. No. 6 (41). 2006. pp. 280-283 (In Russ.)]
4. Berg B., Ekbohm G., Soderstrom B., Staaf H. Reduction of decomposition rates of Scots pine needle litter due to heavy metal pollution. *Water, Air, Soil Pollut.* 1991. V. 59. № 1-2. P.165-177.
5. McEnroe N.A., Helmsaari H.S. Decomposition of coniferous forest litter along a heavy metal pollution gradient, south west Finland. *Environ. Pollut.* 2001.V. 113. № 1. P. 11-18.
6. Крамарева Т. Н. Ферментативная активность почв при различных антропогенных воздействиях. Авт. дисс...к.б.н., Воронеж. 2003.26с.
- [Kramareva T. N. Enzymatic activity of soils under various anthropogenic influences. Auth. diss ... Candidate of Biological Sciences, Voronezh. 2003. 26 p. (In Russ.)]
7. Пятакова Л.П. Изменение биологической активности почвы в зависимости от содержания тяжелых металлов и увлажнения. *Агрохимический вестник*, № 4, 2008. с.37- 39 [Pyatakova L. P. Changes in the biological activity of the soil depending on the content of heavy metals and moisture. *Agrochemical Bulletin*, No. 4, 2008. pp. 37-39 (In Russ.)]

8. Багаева Т.В., Ионова Н.Э., Надеева Г.В. Микробиологическая ремедиация природных систем от тяжелых металлов. Учеб. пособие – Казань: КГУ, 2013. 56 с. [Bagaeva T. V., Ionova N. E., Nadeeva G. V. Microbiological remediation of natural systems from heavy metals. Textbook-Kazan: KSU, 2013. 56 p. (In Russ.)]
9. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей. *Почвоведение*. 1978. № 6. С. 48-54. [Zvyagintsev D. G. Biological activity of soils and scales for evaluating some of its indicators. *Soil science*. 1978. No. 6. pp. 48-54. (In Russ.)]
10. Zvyaginsev D.G. at.all. Microbial communities in soil degradation and self-restoration processes. *Eurasian Soil Science*. 2003.Vol.36.Suppl.1. -P. S29-S42.
11. Мамедов О.Г., Муганлинская Э.А., Агаев Г.Г. Тяжелые металлы в почвенном покрове Бакинского региона. *Энергия, Экология, Экономика*. Баку, 1999а, №3-4, с.128 [Mammadov O. G., Mughanlinskaya E. A., Agaev G. G. Heavy metals in the soil cover of the Baku region. *Energiya, Ekologiya, Ekonomika*. Baku, 1999a, No. 3-4, p. 128 (In Russ.)]
12. Касимов М.С. Вопросы рекреационного обеспечения населения Бакинской городской агломерации. Баку: *Элм*. 1996.-270с. [Kasimov M. S. Issues of recreational provision of the population of the Baku urban agglomeration. Baku: *Elm*. 1996.-270s. (In Russ.)]
13. Морфогенетические профили почв Азербайджана. Баку: *Элм*. 2004. 197с. [Morphogenetic profiles of the soils of Azerbaijan. Baku: *Elm*. 2004. 197c (In Russ.)]
14. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: МГУ, 1991.- 304 с. [Methods of soil microbiology and biochemistry. Ed. Zvyagintseva D.G. M.: MGU, 1991. - 304 p. (In Russ.)]
15. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. Ин-т биологии Уфим. ИЦ. М.: Наука. -2005. -252с. [Khaziev F. H. Methods of soil enzymology. Institute of Biology of Ufa. NC. M.: Nauka. -2005. - 252s (In Russ.)]

ОБ АВТОРАХ:

Багирова Чинара Зияфет, аспирант

ABOUT THE AUTHORS:

Bagirova Chinara Ziyafet, Postgraduate student

НОВОСТИ•НОВОСТИ•НОВОСТИ•НОВОСТИ•НОВОСТИ•

В Ростовской области почвы обрабатывают под будущие лесонасаждения

На землях лесного фонда Ростовской области в рамках регионального проекта «Сохранение лесов» проводятся мероприятия по обработке почвы под лесные культуры. Весной 2022 года на подготовленной местности планируется создание новых лесных насаждений, сообщает Официальный портал Правительства Ростовской области. Механизированная обработка почвы под лесовосстановление проводится для создания благоприятных ус-

ловий для роста растений, качественного выполнения всех последующих технологических операций, а также уменьшения пожарной опасности и улучшения санитарного состояния лесных культур.

В Ростовской области действует девять постоянных лесных питомников общей площадью 58,5 гектара. К весне следующего года будет подготовлено более 6 млн штук сеянцев для посадки на землях лесного фонда. В питомниках планируется посеять более 600 кг семян хвойных пород и более 400 кг акации.

В 2021 году почва под лесовосстановление обрабатывается на площади 1700 гектаров, а под посадки 2023 года планируется увеличить эту площадь до 1900 гектаров.