

УДК 579.26

## **Некоторые закономерности активности ферментов в различных зонах почв городских ландшафтов г. Сумгаита**

Багирова Ч. З., Наджафова С.И.

*Институт микробиологии Национальной Академии Наук Азербайджана;*  
[nadjafovas@yahoo.com](mailto:nadjafovas@yahoo.com)

### *Аннотация:*

Особенности метаболических процессов трансформации органических и минеральных составляющих почвы определяются в основном комплексом почвенных ферментов, численностью и качественным составом микробиоценоза. Активность почвенных ферментов является дополнительным диагностическим показателем плодородия почв и его изменения под антропогенным воздействием. Проведены исследования активности почвенных ферментов в различных зонах г. Сумгаит – крупного промышленного центра, в котором сосредоточены нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность. Результаты полевых исследований показали, что активность почвенных ферментов была неодинаковой в различных зонах города Сумгаита. Установлены существенные различия в каталазной активности почв придорожных и промышленных зон и почв под парками. При техногенном загрязнении существенно снижается функциональная активность почвенных микроорганизмов. В сравнительном плане активность всех почвенных ферментов наиболее подавлена в промышленных зонах, в наименьшей степени – в парковой зонах. Анализ показывает, что для техногенно загрязненных почв промышленного г.Сумгаит характерно слабая устойчивость почвенных ферментов. Эти показатели отражают специфичность загрязнителей, степень загрязнения, характер и интенсивность биологических процессов, протекающих в почве, подверженной техногенному воздействию – промышленным и транспортным выбросам.

Результаты исследований могут явиться частью базы данных для объективной оценки состояния почвенного покрова городских ландшафтов г.Сумгаит, предотвращения ухудшения их экологических функций, для разработки научных основ использования микроорганизмов в технологиях очистки и повышения плодородия городских почв.

*Ключевые слова:* город Сумгаит, почвы, загрязнение, ферменты, активность.

**Eng.** *Some patterns of enzyme activity in various soil zones of urban landscapes of Sumgait*

Bagirova Chinara Z., Nadjafova Samira I.

Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan;  
nadjafovas@yahoo.com

**Abstract:**

The features of the metabolic processes of transformation of the organic and mineral components of the soil are determined mainly by the complex of soil enzymes, the abundance and qualitative composition of the microbiocenosis. The activity of soil enzymes is an additional diagnostic indicator of soil fertility and its changes under anthropogenic impact. Studies of the activity of soil enzymes in various zones of the city of Sumgait - a large industrial center in which the petrochemical and oil refining industries are concentrated. The results of field studies showed that the activity of soil enzymes was not the same in different zones of the city of Sumgait. Significant differences in the catalase activity of soils of roadside and industrial zones and soils under parks have been established. With technogenic pollution, the functional activity of soil microorganisms is significantly reduced. In comparative terms, the activity of all soil enzymes is most suppressed in industrial zones, and to the least extent in park zones. The analysis shows that the technologically polluted soils of the industrial city of Sumgayit are characterized by weak stability of soil enzymes. These indicators reflect the specificity of pollutants, the degree of contamination, the nature and intensity of biological processes in soil affected by industrial impacts - industrial and transport emissions.

The research results can be part of the database for an objective assessment of the soil cover of urban landscapes in Sumgait, to prevent the deterioration of their environmental functions, for the development of the scientific basis for the use of microorganisms in technologies for cleaning and increasing the fertility of urban soils.

*Keywords: Sumgait city, soil, pollution, enzymes, activity.*

**Введение**

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 [2]. 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, способными контролировать синтетико-деструктивные биохимические процессы в почве [3,11,15]. Методы оценки ферментативной активности почв [13] дают возможность за более короткий срок выявить «характер» функционирования почвенных микроорганизмов. Использование широкого комплекса ферментов – оксидаз, редуктаз, гидролаз и др., может обеспечить достоверное выявление тенденций изменения ферментного пула под действием антропогенной и техногенной нагрузки. В этой связи в настоящее время одним из диагностических показателей при анализе биогенности почв является активность почвенных ферментов, которые, с одной стороны, обладая определенной стабильностью, в то же время чутко реагируют на изменения физико-химических показателей [1]. Активность почвенных ферментов является дополнительным диагностическим показателем плодородия почв и его изменения под антропогенным воздействием [14]. Перспективность использования активности почвенных ферментов в качестве диагностического показателя определяется также низкой ошибкой экспериментов (не более 5–8 %) и высокой устойчивостью ферментных систем при хранении испытуемых почвенных образцов [3].

Ферментные системы активны в сложных процессах «самоочищения» почвенного покрова от техногенных соединений. Эти системы трансформируют, нейтрализуют, расщепляют, разлагают соединения, которые не свойственны естественной почве, и которые могут обладать токсичными свойствами сами или продукты их расщепления [5,10].

В Азербайджане были проведены ряд исследований в области биогенности, микробиологии и биохимии почв города Баку [8,9]. На расстоянии всего 26 км от города Баку расположен крупный промышленный город Сумгаит, ландшафты которого вот уже десятилетия подвергается сильному техногенному воздействию. Город Сумгаит возник 70 лет тому назад в связи со строительством группы промышленных предприятий – здесь развиваются химическая (АО "Органический синтез", АО "Химпром"), металлургическая (трубопрокатный, алюминиевый заводы), машиностроительная, лёгкая, пищевая промышленность и производство стройматериалов. Разумеется, наличие таких производств не могло не отразиться на физико-химических и биологических свойствах городских почв.

**Цель исследования** заключалась в изучении активности ферментов в почвах г.Сумгаита.

#### **Материал и методы исследования**

Объекты исследования – серо-бурые почвы г.Сумгаит. Почвенные образцы для аналитических исследований отбирались с периодичностью два раза в год (весной и осенью) из горизонта 0–20 см в 3-х функциональных зонах:

промышленной, парковой и транспортной [4; 8]. Было отобрано 15 смешанных почвенных образцов: 5 – в промышленной, 8 – в придорожной и 2 – в парковой зоне. В качестве контроля (чистой фоновой почвы) использовали пробы почв, отобранные на берегах Джейранбатанского водохранилища, сопредельного исследуемой территории.

В лабораторных условиях проведен комплексный анализ активности ферментов в отобранных почвах. Активность фермента дегидрогеназы определяли по методу Ф.Х.Хазиева [13]. Активность каталазы определяли газометрическим методом [7]. Активность полифенолоксидазы, инвертазы и уреазы определяли общепринятыми методами [6,7]. Все лабораторные эксперименты проводили в трех повторностях. Достоверность полученных результатов определяли с помощью критерия Стьюдента, статистический анализ результатов проводили по Лакину [10]

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований представлены в табл.1–1а. Как видно, активность почвенных ферментов была различной в различных зонах города Сумгаита.

Таблица 1 — Ферментативная активность почв различных зон г. Сумгаит весной 2018 г.

№ № ПП	Место отбора	Ферменты				
		Каталаза, мл O <sub>2</sub> / мин на г почвы	ПФО, мг пурпургаллина на 100 г почвы / 30 мин	Инвертаза мг глюкозы / г почвы за 24 часа	Уреазы, мг NH <sub>3</sub> / 10 г почвы за 24 часа	Дегидрогеназа, мг ТФФ/г почвы за 24 ч
<b>Промышленно-жилая</b>						
1	АО "Органический синтез"	0,93 ±0,03	15,3 ±0,88	6,0 ± 0,02	4,5 ± 0,09	8,9
2	АО "Химпром"	0,98 ±0,03	9,2 ± 0,88	5,0 ± 0,02	5,8 ± 0,09	9,9
3	Трубопрокатный завод	0,97 ±0,03	10,4 ±0,88	5,6 ± 0,02	5,5 ± 0,09	9,6
4	Алюминиевый завод	0,85 ±0,03	12,6 ±0,88	6,4 ± 0,02	4,5 ± 0,09	8,6
5	Суперфосфатный завод	0,82 ±0,03	12,9 ±0,88	6,9 ± 0,02	4,9 ± 0,09	9,6
<b>Придорожная</b>						
6	Ул. Сулх	0,70 ±0,03	12,4 ±0,88	6,2 ± 0,02	4,2 ± 0,09	8,9
7	Пр. Г. Алиева	0,87 ±0,03	13,5 ±0,88	6,0 ± 0,02	4,4 ± 0,09	9,1
8	Ул. Н. Нариманова	0,76 ±0,03	14,3 ±0,88	5,9 ± 0,02	4,8 ± 0,09	9,4
9	Ул. Баку	0,82 ±0,03	12,6 ±0,88	5,4 ± 0,02	4,9 ± 0,09	9,6
10	Ул. Рустави	0,71 ±0,03	12,1 ±0,88	6,1 ± 0,02	4,1 ± 0,09	8,1
11	Пр. Азербайджан	0,85 ±0,03	13,2 ±0,88	6,4 ± 0,02	4,2 ± 0,09	9,0
12	Ул. С. Вургун	0,78 ±0,03	14,6 ±0,88	5,6 ± 0,02	4,3 ± 0,09	9,1

13	Ул. М. Азизбеков	0,80 ±0,03	12,9 ±0,88	5,1 ± 0,02	4,7 ± 0,09	9,3
Парковая						
14	Парк Гейдара Алиева	0,62 ±0,03	16,5 ±0,88	8,8 ± 0,02	4,0 ± 0,09	8,6
15	Парк Людвигсхафен (парк Айгюн)	0,63 ±0,03	15,9 ±0,88	8,1 ± 0,02	4,1 ± 0,09	8,5
16	К – Джейранбатанское водохранилище	0,61 ±0,03	15,5 ±0,88	7,8 ± 0,02	3,8 ± 0,09	8,5

Таблица 1а — Ферментативная активность почв различных зон г. Сумгаит осенью 2018 г.

№ № ПП	Место отбора	Ферменты				
		Каталаза, мл O <sub>2</sub> / мин на г почвы	ПФО, мг пурпургаллина на 100г почвы / 30 мин	Инвертаза, мг глюкозы / г почвы за 24 часа	Уреаза, мг NH <sub>3</sub> / 10 г почвы за 24 часа	Дегидрогеназа, мг ТФФ/г почвы за 24 ч
Промышленно-жилая						
1	АО "Органический синтез"	0,88 ±0,03	13,3 ±0,88	5,0 ± 0,02	3,3 ± 0,09	7,9
2	АО "Химпром"	0,86 ±0,03	8,2 ± 0,88	4,0 ± 0,02	4,5 ± 0,09	7,9
3	Трубопрокатный завод	0,85 ±0,03	9,4 ± 0,88	4,3 ± 0,02	4,7 ± 0,09	7,6
4	Алюминиевый завод	0,75 ± 0,03	11,6 ±0,88	5,2 ± 0,02	3,6 ± 0,09	7,6
5	Суперфосфатный завод	0,82 ± 0,03	9,3 ± 0,88	4,7 ± 0,02	4,2 ± 0,09	7,2
Придорожная						
6	Ул. Сулх	0,60 ± 0,03	10,4 ±0,88	5,0 ± 0,02	3,3 ± 0,09	6,9
7	Пр. Г. Алиева	0,62 ± 0,03	11,5 ±0,88	5,0 ± 0,02	3,5 ± 0,09	7,1
8	Ул. Н. Нариманова	0,60 ± 0,03	12,3 ±0,88	4,5 ± 0,02	3,8 ± 0,09	7,4
9	Ул. Баку	0,61 ± 0,03	10,6 ±0,88	4,1 ± 0,02	3,4 ± 0,09	7,6
10	Ул. Рустави	0,58 ± 0,03	10,1 ±0,88	5,1 ± 0,02	3,1 ± 0,09	6,2
11	Пр. Азербайджан	0,59 ± 0,03	11,3 ±0,88	5,4 ± 0,02	3,2 ± 0,09	7,0
12	Ул. С. Вургун	0,55 ± 0,03	12,1 ±0,88	4,7 ± 0,02	3,4 ± 0,09	7,2
13	Ул. М. Азизбеков	0,60 ± 0,03	10,1 ±0,88	4,0 ± 0,02	3,2 ± 0,09	7,4
Парковая						
14	Парк Гейдара Алиева	0,58 ± 0,03	13,1 ±0,88	6,8 ± 0,02	3,0 ± 0,09	6,6
15	Парк Людвигсхафен (парк Айгюн)	0,54 ± 0,03	13,6 ±0,88	6,3 ± 0,02	3,0 ± 0,09	6,5
16	К – Джейранбатанское водохранилище	0,51 ± 0,03	13,2 ±0,88	6,0 ± 0,02	3,1 ± 0,09	6,2

Установлены существенные различия в каталазной активности почв придорожных и промышленных зон и контрольных почв. В загрязненной почве каталазная активность была выше, чем в контрольной. Это может быть связано

с тем, что при участии каталазы образуется высокоактивный кислород, который в условиях ухудшения газовоздушного режима может обеспечивать доступным кислородом микроорганизмы, принимающих участие в процессах биоразложения. Повышение каталазной активности техногенно загрязненных почв по сравнению с незагрязненными можно объяснить увеличением численности микрофлоры, в особенности углеводородокисляющих микроорганизмов, и повышением уровня окислительно-восстановительных реакций биодegradации нефтяных углеводородов.

С этой точки зрения, несомненно, каталазная активность представляется важным фактором, который создает микроэкологические условия, необходимые для поддержания высокой скорости самоочищения техногенно загрязненной почвы.

Почвы характеризовались высокими показателями активности фермента полифенолоксидазы (табл. 1–1а). Активность фермента полифенолоксидазы колебалась в пределах  $4,00 \pm 0,58$  мг пурпургаллина на 100 г почвы / 30 мин –  $50 \pm 0,01$  мг пурпургаллина на 100 г почвы / 30 мин.

Высокие значения активности этого фермента, возможно, связаны с высоким содержанием органических загрязняющих веществ, включая фенолы, которые могут поступать в почвенный покров в составе промышленных и транспортных выбросов. Осенью активность этого фермента снижалась.

В круговороте углерода в биогеоценозе особое значение имеют почвенные ферменты, действующие на глюкозильные соединения – гидролазы глюкозидов и среди них важное место занимает инвертаза. Инвертазная активность колебалась в пределах  $5,0 \pm 0,02$  мг глюкозы / г почвы за 24 часа –  $8,8 \pm 0,02$  мг глюкозы / г почвы за 24 часа. Как показывают данные, инвертазная активность техногенно загрязненных почв, особенно верхнего, наиболее насыщенного слоя, значительно понижается. Подавление активности инвертазы отражает нарушение связи между жизнедеятельностью поверхностной растительности как основного источника этого фермента и почвой, а также функциональное состояние поверхностной растительности.

Активность уреазы была в пределах  $4,2 \pm 0,09$  мг  $\text{NH}_3$  на 10 г почвы за 24 часа –  $5,8 \pm 0,09$  мг  $\text{NH}_3$  на 10 г почвы за 24 часа. Было показано, что среди углеводородокисляющих микроорганизмов есть культуры, которые способны активизировать уреазную активность почвы [12], возможно, что в исследуемых техногенно загрязненных городских почвах это явление также проявляется.

Лабораторные исследования показали, что в техногенно загрязненных почвах активность дегидрогеназ в почве составила в среднем  $8,9$ – $9,6$  мг ТФФ на 10 г почвы. В почвах парковой зоны этот показатель снижен и колеблется в пределах  $8,4$ – $8,9$  мг ТФФ на 10 г почвы. Это показывает, что в техногенно загрязненных почвах промышленной зоны и вдоль придорожных полос почвы, в отличие от чистой, отсутствует тесная корреляция между содержанием органических веществ и активностью дегидрогеназ.

Изменения показателей активности почвенных ферментов носят сезонный характер. В ходе анализа полученных данных установлено, что осенью во всех почвах экспериментальных участков исследуемых урболандшафтов г. Сумгаит происходило уменьшение ферментативной активности.

### **Выводы**

Системный анализ показывает, что в сравнительном плане активность всех почвенных ферментов наиболее подавлена в промышленной зоне, в наименьшей степени – в парковой зоне. Вместе с тем, можно отметить более высокую активность каталазы в почвах, наиболее подверженных техногенному воздействию – промышленной и придорожной зон, что может свидетельствовать о том, что в этих почвах имеет место процесс самоочищения от органических загрязнений.

Результаты показали, что во всех исследуемых экспериментальных участках почв, расположенных в придорожных и промышленных зонах, каталазная активность была выше, чем в почвах других экспериментальных участков, расположенных в парковых зонах. Эта закономерность одинакова как весной, так и осенью. Результаты лабораторных полевых исследований подтвердили, что каталазная активность может служить биологическим показателем загрязнения городских почв г.Сумгаит.

Анализ полученных нами экспериментальных данных показывает, что в случае техногенно загрязненных почв г.Сумгаит говорить об устойчивости их ферментативной активности так же, как и всех других показателей биогенности почв не приходится. Эти показатели неустойчивы и отражают специфичность загрязнителя, степень загрязнения, характер и интенсивность биологических процессов, протекающих в почве, подверженной техногенному воздействию промышленным и транспортным выбросам.

Результаты исследований могут явиться частью базы данных для объективной оценки состояния почвенного покрова городских ландшафтов г.Сумгаит, предотвращения ухудшения их экологических функций, для разработки научных основ использования микроорганизмов в технологиях очистки и повышения плодородия городских почв.

### **Список литературы**

1. Алексеенко Е.В. Экологическая устойчивость культурных ландшафтов промышленного города (на примере парков г. Омска): автореф. дис...канд. б. н. Омск, 2006. 17 с.
2. Владимиров В.В. Урбоэкология. М.: МНЭПУ, 1999. 203 с.
3. Гамова Л.Г. Влияние радиационного загрязнения на природные и антропогенные экосистемы: автореф. дис...канд. б. н. М., 2006. 18 с.
4. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение, 1978. № 6. С. 48–54.

5. Исмаилов Н.М. Нефтяное загрязнение и биологическая активность почв//Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука. 1982. С.227–235.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону, Изд-во Рост, ун-та. 2003. 204 с.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии // Под ред. Звягинцева Д.Г. М.: МГУ, 1991. 304 с.
8. Наджафова С.И. Микробиологическая оценка современного экологического состояния г. Баку: дисс.. докт.биол.наук. Баку, 2017. 266 с.
9. Наджафова С.И., Исмаилов Н.М. Экологическое состояние почвенного покрова города Баку и пути улучшения его качества: монография // М.: ИНФРА-М. 2018. 173 с.
10. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука. 1988. С. 7–22.
11. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука. 1982. 201 с.
12. Хазиев Ф.Х. и др. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты экосистемы почвы //Агрохимия, 1988. №2. С. 56–61.
13. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии // Ин-т биологии Уфим. НЦ. М.: Наука. 2005. 252 с.
14. Burns R.G. Soil enzymology. Sci. Progr., 1977. V. 64. P.254.
15. Zvyaginsev D.G. et al. Microbial communities in soil degradation and self-restoration processes // Eurasian Soil Science. 2003. Vol.36. Suppl.1. P. 29–42.

### **Spisok literatury**

1. Alekseenko, E.V. Ecological sustainability of cultural landscapes of an industrial city (on the example of parks in Omsk): abstract. Dis ... cand. biol. n. Omsk, 2006. 17 p.
2. Vladimirov V.V. Urboecology // М.: МНЕПУ, 1999. 203 p.
3. Gamova L.G. The effect of radiation pollution on natural and anthropogenic ecosystems: abstract. Dis ... cand. biol. n Moscow. 2006. 18 p.
4. Zvyagintsev D.G. Biological activity of soils and scales for assessing some of its indicators // Soil Science. No. 6. 1978. Pp. 48-54.
5. Ismailov N.M. Oil pollution and biological activity of soils // Mining and geochemistry of natural ecosystems. М.: Science. 1982. Pp. 227-235.

6. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods. Rostov-on-Don, Rost Publishing House, University. 2003. 204 p.
7. Methods of soil microbiology and biochemistry // Ed. Zvyagintsev D.G. M. : Moscow State University, 1991. 304 p.
8. Nadjafova S.I. Microbiological assessment of the current ecological state of Baku: Diss. ..Doct. Biol. 266 p.
9. Nadjafova S.I., Ismailov N.M. Ecological condition of the soil cover of the city of Baku and ways to improve its quality: monograph // M. : INFRA-M. 2018. 173 p.
10. Pikovsky Yu.I. Transformation of technogenic oil flows in soil ecosystems. // Restoration of oil-contaminated soil ecosystems. M. : Science. 1988. Pp.7-22.
11. Khaziev F.Kh. System-ecological analysis of the enzymatic activity of soils. M. : Nauka. 1982. 201 p.
12. Khaziev F.Kh. et al. The effect of oil pollution on some components of the soil ecosystem // Agrochemistry, 1988. No. 2. Pp. 56-61.
13. Khaziev F.Kh. Methods of soil enzymology. // Institute of Biology Ufa. SC. M. : Science. 2005. 252 p.
14. Burns R.G. Soil enzymology. Sci. Progr., 1977. V. 64. Pp.254.
15. Zvyaginsev D.G. et al. Microbial communities in soil degradation and self-restoration processes // Eurasian Soil Science. 2003. Vol.36. Suppl.1. Pp. 29-42.