

## РОЛЬ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОЧВОЙ ТРОФИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**В статье представлены результаты исследований по изучению активности ферментов, принимающих участие в азотном, углеводном, фосфорном и серном обменах. Установлено, что при нефтяном загрязнении нарушается характер изученных ферментативных реакций. Степень этих нарушений зависит от дозы нефти.**

**Ключевые слова:** почва, ферментативная активность, нефтяное загрязнение, трофическая функция.

Ферменты играют важную роль в выполнении почвой одной из экологических функций – трофической за счет способности гидролизовать органические соединения, остатки высших растений и микроорганизмов, переводить их в доступное для питания растений и микроорганизмов состояние [1].

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами нарушает стабильное функционирование экосистемы: меняются физико-химические свойства почвы, активность основных ферментов, участвующих в важных биологических процессах [2, 3, 4], нарушается соотношение основных биогенных элементов в почве, что тем самым создает серьезную экологическую проблему [5]. В связи с этим представляет несомненный интерес выявление направленности биохимических процессов в нефтезагрязненных почвах.

Исследования проводились в полевых условиях на серой лесной почве, загрязненной товарной нефтью. В качестве контроля отбирались образцы с незагрязненных участков. Активность ферментов, участвующих в углеводном, азотном, фосфорном, серном обменах определяли по методикам, описанным [1]. Статистическая обработка данных осуществлялась с применением пакета прикладных программ Statistica V.4.5.

Ферменты азотного обмена активно участвуют в процессах круговорота азота в природе. Так, с ростом дозы товарной нефти активность протеаз серой лесной почвы снижалась пропорционально концентрации загрязнителя и восстанавливалась только на девятый год. Параллельно отмечалось уменьшение содержания аммиачного и нитратного азота. Усиливался гидролиз мочевины, осуществляемый уреазой, что не всегда благоприятно вследствие значительных потерь азота мочевины (табл.).

Нефть значительно угнетала активность аспарагиназы, глутаминазы в серой лесной почве,

которые осуществляют гидролиз аминокислот с выделением аммиака. Активность нитратредуктазы и нитритредуктазы под действием нефти в почве снижалась, а активность гидроксиламинредуктазы повышалась. Эти ферменты в анаэробных условиях участвуют в процессах восстановления окисленных форм азота до аммиака.

Карбогидразы участвуют в круговороте углерода и расщепляют углеводы различной природы и происхождения. Нефть ингибирует активность ферментов, участвующих в углеводном обмене: инвертазы, амилазы, целлюлазы, ксиланазы. Следствием этого является снижение на длительное время интенсивности ферментативного превращения углеводов, замедление процессов распада растительных остатков, и, соответственно, передвижения поступающего в почву органического материала, аккумуляции его в форме гумуса. Прослеживается четкая зависимость активности карбогидраз от степени загрязнения почвы нефтью (табл.).

Фосфогидролазы, отщепляющие фосфор от органических соединений, характеризуют активность биохимических процессов мобилизации органического фосфора почвы. Уровень их активности определяет содержание подвижных фосфатов в нефтезагрязненной почве. Загрязнение почвы нефтью снижало активность фосфатазы, фитазы, ДНКазы, РНКазы, АТФазы. Чем ниже активность фосфатазы, тем меньше в почве подвижного фосфора ( $r = 0,83$  при  $pd > 0,05$ ). Ее активность восстанавливается только через десять лет при низких концентрациях нефти. Более высокие остаются токсичными и через 10 лет после загрязнения.

Сера является важным элементом питания, не-обходимым для нормальной жизнедеятельности растений, почвенных животных и микроорганизмов. По своему биохимическому значению она находится в одном ряду с азотом, фосфором и другими важнейшими элементами. Цистеиндегид-

Таблица. Активность ферментов серой лесной почвы в слое  $A_{\text{пах}}$  через месяц после загрязнения товарной нефтью

Ферменты	Концентрация нефти, л/м <sup>2</sup>			
	0	8	16	25
Протеаза, мг тирозина	0,33±0,03	0,24±0,05	0,12±0,04	0,05±0,02
Уреаза, мг NH <sub>3</sub>	0,39±0,07	0,48±0,03	0,68±0,07	1,24±0,06
Глутаминаза, мг NH <sub>3</sub>	0,58±0,03	0,41±0,05	0,24±0,08	0,10±0,04
Нитратредуктаза, мг NO <sub>3</sub>	1,25±0,06	1,01±0,03	0,65±0,03	0,28±0,04
Гидроксиламинредуктаза, мг NH <sub>2</sub> OH	1,85±0,06	2,16±0,05	2,59±0,04	3,18±0,03
Целлюлаза, мг глюкозы	0,52±0,05	0,41±0,04	0,23±0,06	0,12±0,07
Фосфатаза, мг фенолфталеина	4,23±0,2	2,12±0,1	1,76±0,09	0,18±0,01
Цистеиндегидрогеназа, мг формазана (через 6 мес.)	0,35±0,02	0,51±0,03	0,21±0,01	0,20±0,01
Сульфитредуктаза, мг SO <sub>3</sub> (через три дня)	2,3±0,1	2,1±0,1	1,6±0,09	1,7±0,1
Сульфатредуктаза, мг SO <sub>4</sub> (через три дня)	4,0±0,02	4,2±0,2	4,3±0,2	5,4±0,3

рогеназа участвует в мобилизации доступной для растений формы серы из органических соединений. Низкие дозы нефти через 3 дня после загрязнения увеличивали активность цистеиндегидрогеназы (ЦДГ) на 66% по сравнению с контрольным вариантом. Дальнейшее повышение концентрации нефти вело к ее уменьшению.

Нефтяное загрязнение снижало через три дня после загрязнения активность сульфитре-

дуктазы, повышало сульфатредуктазную прямо пропорционально дозам нефти.

Таким образом, загрязнение почвы нефтью подавляет на длительное время активность большинства изученных ферментов, участвующих в круговороте таких важных биогенных элементов, как азот, углерод, фосфор, сера и тем самым ухудшает обеспеченность ими растений.

#### Список использованной литературы:

1. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189с.
2. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 42-56.
3. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде М: Изд-во МГУ, 1993. 280с.
4. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Ямалетдинова Г.Ф. Активность оксидоредуктаз в нефтезагрязненных и рекультивируемых почвах // Агрехимия. 2001. №4. С. 53-59.
5. Аржанников В.П., Громова О.В. Агротелиорация – эффективный метод восстановления биопотенциала нефтезагрязненных земель в условиях Севера / Тез. V междунар. конф. «Освоение Севера и проблемы природовосстановления». 5 – 8 июня 2001г. Сыктывкар, 2001. С.8-9.