

УДК 502.55

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ

© А.А. Гордеев, И.О. Лысенко, Б.В. Кабельчук

Ключевые слова: нефтепродукты; рекультивированные участки; ферментативная активность почв.

Изучено влияние содержания нефтепродуктов и основных элементов питания растений на изменение ферментативной активности почв. Установлено, что отклики ферментов зависят от многих факторов. Активность уреазы – от содержания подвижных форм калия и возможно фосфора; фосфатазы – от содержания элементов питания растений (калия, азота, углерода) и от концентрации нефтепродуктов. Тесных связей между диапазоном изменения дегидрогеназы и концентрацией нефтепродуктов, элементов питания растений не выявлено.

Важным критерием для оценки допустимости действующих нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации (ДОСНП) может являться активность почвенных ферментов. Ферменты играют важную роль в выполнении почвой одной из экологических функций – трофической, за счет способности разлагать органические соединения, остатки высших растений и микроорганизмов, переводить их в доступное для питания растений и микроорганизмов состояние [1–2].

Целью исследований стало изучение влияния содержания нефтепродуктов и основных элементов питания растений на изменение ферментативной активности почв.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучить ферментативную активность трех ферментов: уреазы, фосфатазы и дегидрогеназы;
- установить зависимость между изменением активности вышеуказанных ферментов и содержанием элементов питания растений в почвах.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись почвы Нефтекумского района Ставропольского края. Согласно агроклиматическому районированию, указанные выше районы расположены в I и частично во II зоне увлажнения (сухая и очень засушливая), растительный покров представлен преимущественно полупустынной степью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе полевых работ было обследовано 16 пробных площадок, содержащих примеры загрязненных и рекультивированных почв и 14 пробных площадок с почвенным покровом, не затронутым антропогенным воздействием. Количество проб, отобранных с каждой пробной площадки, зависело от однородности почвенного покрова.

Пробоподготовка почвенных образцов была осуществлена согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. «Охрана природы.

Таблица 1

Активность ферментов и концентрация НП в почвенных образцах

№	НП	Уреаза	Фосфатаза	Дегидрогеназа
Рекультивированные участки				
2	328	11,50	2,25	4,20
15	634	6,50	4,39	3,7
16	825	8,25	4,05	3,5
12	2244	22,00	2,83	1,1
9	2540	9,50	2,86	1,68
13	2998	8,50	2,59	2,2
5	4526	22,00	4,39	0,6
6	4669	8,25	1,46	3
7	5170	19,75	2,25	2,4
14	6120	13,50	3,8	3,3
11	7700	9,25	2,24	5,28
10	8538	15,00	1,39	3,58
8	11980	15,25	1,21	7,68
4	15580	13,75	2,24	5,4
1	16552	8,10	1,08	2,64
3	17268	11,50	1,17	3
Фон				
8	67	21,50	4,88	3,12
1	134	34,00	2,97	2,88
13	137	16,50	6,3	4,2
15	151	23,80	6,75	4,4
3	292	20,75	4,55	1,92
11	306	22,00	4,95	4,08
4	381	14,00	1,96	1,92
5	381	34,00	5,63	2,4
2	413	20,75	4,05	2,88
6	461	34,00	5,63	2,4
12	756	29,50	4,18	3,5
14	1460	10,50	2,48	2,2
7	1566	17,00	3,88	2,4
10	1644	16,25	2,48	3,6
9	1644	16,25	2,48	3,6
16	2404	8,50	3,69	2,75

Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа» [3]. В целях оценки корреляций применяли непараметрический метод анализа Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В отобранных почвах изучали ферментативную активность трех ферментов: уреазы, фосфатазы и дегидрогеназы. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

На основе данных, приведенных в табл. 1, проведен корреляционный анализ. Результаты расчетов указывают на достоверно значимую связь между активностью фосфатазы и содержанием нефтепродуктов в пробах. При увеличении содержания нефти фосфатаза ингибируется ($R = -0,81$ при $p < 0,05$). Отклик других ферментов не связан с содержанием нефтепродуктов в почвах рекультивированных участков.

Статистически значимых связей между активностью ферментов и содержанием нефтепродуктов для почв фоновых участков не обнаружено.

Согласно данным, полученным для почв, среднее содержание нефтепродуктов в почвах рекультивированных участков значительно выше, чем для почв фоновых территорий.

Проводили оценку активности фермента фосфатазы в исследованных почвах. В ходе исследований было установлено, что увеличение концентрации нефтепродуктов в исследованных почвах незначительно снижает активность фосфатазы. Наблюдаемая тенденция может объясняться двумя причинами: обволакиванием почвенных частиц нефтью, в результате чего появляется препятствие для поступления субстрата к микроорганизмам; низкое содержание подвижных фосфатов по сравнению с фоновыми образцами, что также может влиять на инактивацию фосфатаз.

Значения активностей фосфатазы в образцах, содержащих нефть выше ДОСНП, достоверно ниже, чем

для фона и других рекультивированных участков. Результаты однофакторного анализа ANOVA представлены на рис. 1.

Согласно оценочной шкале степени обогащенности почв ферментами [4], почвы рекультивированных участков и фоновых территорий характеризуются средним содержанием фосфатазы. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание нефтепродуктов в диапазоне от 137 до 6120 мг/кг не оказывает существенного воздействия на активность фосфатазы (значения практически не отличаются от фона). Корректировка ДОСНП не требуется.

Проводили оценку активности фермента уреазы в исследованных почвах. Установили, что в фоновых образцах активность уреазы несколько выше, чем в рекультивированных участках. Причем в вариантах, где нефтепродуктов больше, чем ДОСНП, тенденция наиболее выражена. Результаты однофакторного анализа ANOVA представлены на рис. 2.

Согласно оценочной шкале степени обогащенности почв ферментами [4], почвы рекультивированных участков и фоновых территорий характеризуются средним содержанием уреазы.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание нефтепродуктов в диапазоне от 137 до 6120 мг/кг не оказывает существенного воздействия на активность уреазы (значения практически не отличаются от фона). Изменение активности уреазы связано с содержанием подвижных форм фосфора и калия. Корректировка ДОСНП не требуется.

Проводили оценку активности фермента дегидрогеназы в исследованных почвах. Установили, что увеличение концентрации нефтепродуктов в исследованных почвах незначительно снижает активность дегидрогеназ. Тем не менее, достоверных различий между наблюдаемыми показателями активности дегидрогеназы в почвах рекультивированных участков и фона не выявлено. Результаты однофакторного анализа ANOVA представлены на рис. 3.

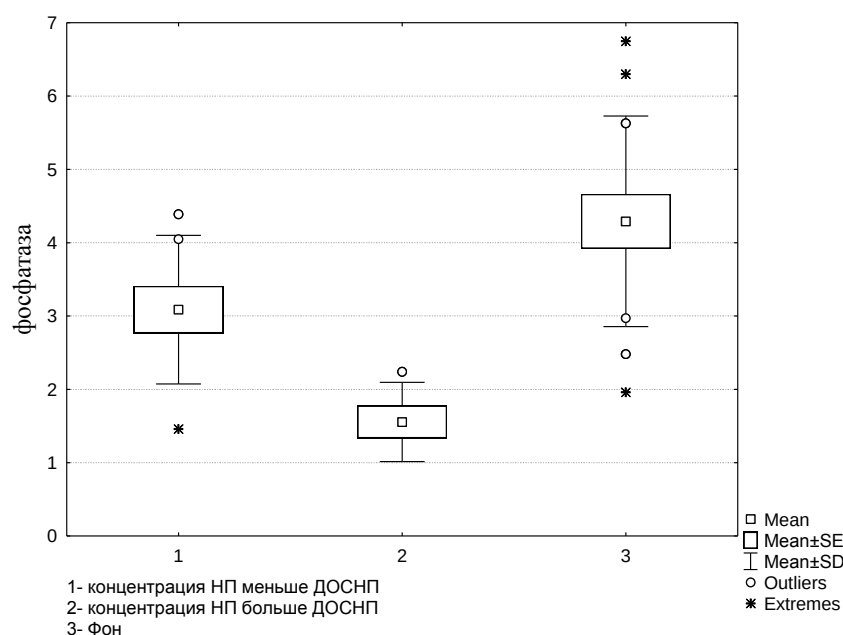


Рис. 1. Содержание фосфатазы в почвах рекультивированных участков и фоновых территорий

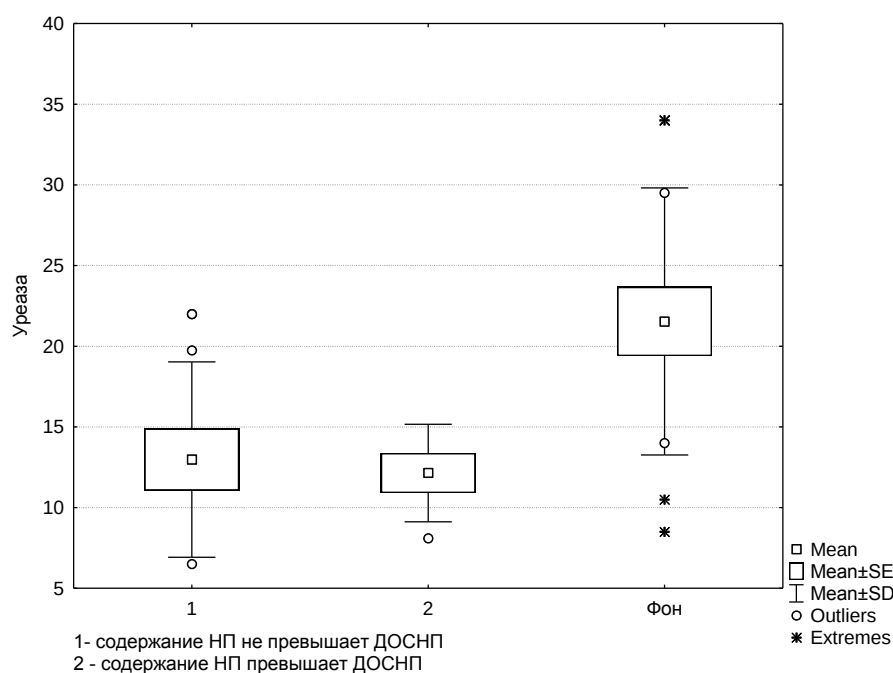


Рис. 2. Содержание уреазы в почвах рекультивированных участков и фоновых территорий

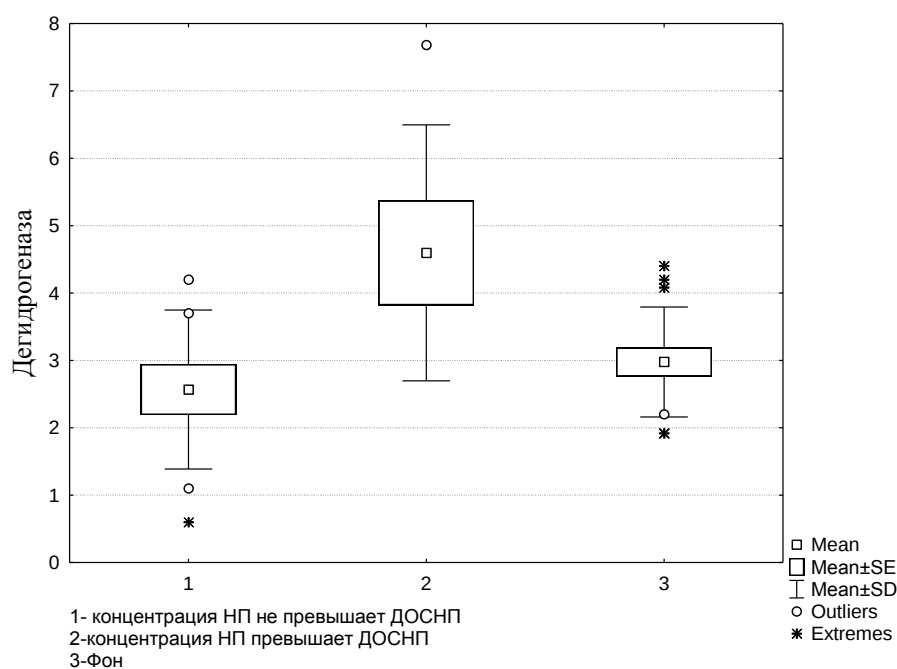


Рис. 3. Содержание дегидрогеназы в почвах рекультивированных участков и фоновых территорий

На наш взгляд, это связано с тем, что дегидрогеназа малоспецифична по отношению к катализируемой реакции по сравнению с каталазой. Она может использовать как окисляющий агент не только H_2O_2 , из-за которой возможны конкурентные отношения с каталазой за субстрат, но и органические перекиси, молекулярный кислород, которым обогащается почва, и в результате разложения перекиси водорода каталазой [5].

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание нефтепродуктов в диапазоне от 137 до 6120 мг/кг не оказывает существенного воздействия на активность уреазы (значения практически не отличаются от фона). Корректировка ДОСНП не требуется.

Изучали изменение активности ферментов в зависимости от содержания элементов питания растений в почвах. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Корреляционная матрица активности ферментов в зависимости от содержания элементов питания растений в почвах

Ферменты	K ₂ O	P ₂ O ₅	N-NO ₄	C	НП	Уреаза	Фосфатаза	Дегидрогеназа
K ₂ O	1,00	<u>0,66</u>	-0,33	<u>0,37</u>	-0,35	<u>0,73</u>	<u>0,39</u>	0,13
P ₂ O ₅	<u>0,66</u>	1,00	0,03	0,14	-0,34	<u>0,55</u>	0,09	0,14
N-NO ₄	-0,33	0,03	1,00	0,11	0,38	-0,29	-0,58	-0,03
C	<u>0,37</u>	0,14	0,11	1,00	<u>0,53</u>	-0,04	-0,43	0,27
НП	-0,35	-0,34	<u>0,38</u>	<u>0,53</u>	1,00	-0,50	-0,73	0,02
Уреаза	<u>0,73</u>	<u>0,55</u>	-0,29	-0,04	-0,50	1,00	<u>0,55</u>	-0,13
Фосфатаза	<u>0,39</u>	0,09	-0,58	-0,43	-0,73	<u>0,55</u>	1,00	-0,05
Дегидрогеназа	0,13	0,14	-0,03	0,27	0,02	-0,13	-0,05	1,00

Примечание: Подчеркнуты варианты, в которых отмечена корреляция при $p < 0,05$. При этом тесной связью могут быть признаны только варианты, в которых $|r| > 0,70$ (курсив)

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют утверждать, что отклики ферментов зависели от многих факторов.

Активность уреазы в образцах зависела от содержания подвижных форм калия и возможно фосфора. При увеличении содержания их подвижных форм в почвах происходило увеличение содержания уреазы. Концентрации нефти и активность уреазы связаны обратной коррелятивной связью – при увеличении концентрации нефтепродуктов активность уреазы начинала падать.

Активность фосфатазы зависела от содержания элементов питания растений (калия, азота, углерода) и от концентрации нефтепродуктов.

Индикационная значимость дегидрогеназы для выявления воздействия нефтепродуктов остается дискуссионным вопросом. Согласно проведенным исследованиям активности дегидрогеназы значительно варьировали в образцах. Тесных связей между диапазоном изменения дегидрогеназы и концентрацией нефтепродуктов, элементов питания растений не выявлено.

Самовосстановление почв исследованных рекультивированных участков Нефтекумского района Ставропольского края проходит в сложных природных климатических условиях и зависит не от концентрации нефтепродуктов, а от всего комплекса действующих природных и антропогенных факторов. С помощью агротехнических приемов можно ускорить процесс восстановления путем создания оптимальных условий для

проявления потенциальной активности микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабельчук Б.В. Оценка почв рекультивированных нефтезагрязненных участков на содержание нефтепродуктов // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 1 (13). С. 129-131.
2. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 190 с.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. Введ. 1984-12-19. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
4. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48-54.
5. Новоселова Е.И. Экологические аспекты трансформации ферментного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Воронеж, 2008. 41 с.

Поступила в редакцию 24 июля 2014 г.

Gordeev A.A., Lysenko I.O., Kabelchuk B.V. EFFECT OF PETROLEUM PRODUCTS AND MAJOR PLANT NUTRIENTS TO CHANGE THE ENZYMATIC ACTIVITY OF SOIL

The effect of oil content and major plant nutrients to change the enzymatic activity of soils is considered. It is found that the responses of enzymes depend on many factors. Active edge – the content of mobile forms of phosphorus, potassium and possibly; phosphatase – the content of plant nutrients (potassium, nitrogen, carbon) and the concentration of oil. Close ties between the range and the concentration changes dehydrogenase petroleum plant nutrients are identified.

Key words: oil; reclaimed land; soil enzyme activity.

Гордеев Андрей Анатольевич, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация, аспирант, кафедра экологии и ландшафтного строительства, e-mail: eco-agro@mail.ru

Gordeev Andrey Anatolyevich, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation, Post-graduate Student, Ecology and Landscape Construction Department, e-mail: eco-agro@mail.ru

Лысенко Изольда Олеговна, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация, доктор биологических наук, доцент кафедры экологии и ландшафтного строительства, e-mail: stepnaykleopatra@yandex.ru

Lysenko Izolda Olegovna, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation, Doctor of Biology, Associate Professor of Ecology and Landscape Construction Department, e-mail: stepnaykleopatra@yandex.ru

Кабельчук Борис Валентинович, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и ландшафтного строительства, e-mail: eco-agro@mail.ru

Kabelchuk Boris Valentinovich, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation, Candidate of Agriculture, Professor of Ecology and Landscape Construction Department, e-mail: eco-agro@mail.ru