

УДК 504.064.45, 504.53.062.4

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-16-21

Булуктаев А.А.¹, Сангаджиева Л.Х.², Горяшкиева З.В.², Хейчиев Н.С.²¹*Заповедник «Черные земли» (пос. Комсомольский, Калмыкия)*²*Калмыцкий государственный университет (г. Элиста)*

ВЛИЯНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ

Аннотация. В статье изучено влияние рекультивации на свойства нефтезагрязненных бурых полупустынных почв Калмыкии. Авторы исследуют изменения ферментативной активности почв и особенности роста и развития тест-растений на рекультивированных образцах. В основе исследования лежит анализ ряда ферментов, таких, как каталаза, уреазы, фосфатазы и инвертазы. Проведя химико-биологические анализы рекультивированных и загрязненных почв, авторы пришли к заключению, что в рекультивированных почвах не происходит резкого изменения активности ферментов, почвы менее фитотоксичны, в отличие от нефтезагрязненных образцов.

Ключевые слова: ферментативная активность, нефтяное загрязнение, рекультивация, сорбент, бурая полупустынная почва.

A. Buluktaev¹, L. Sangadzhieva², Z. Goryashkueva², N. Kheychiev²¹*Cherny Zemli Biosphere Nature Reserve (Kalmykia, Russia)*²*Kalmyk State University, Elista, Russia*

INFLUENCE OF RECULTIVATION ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF BROWN SEMIDESERTIC SOILS POLLUTED BY OIL

Abstract. The influence of reclamation on the properties of oil-polluted brown semidesertic soils of Kalmykia is studied. The changes in enzymatic activity of soils and features of growth and development of test plants on the remediated samples are investigated. The analysis of a number of enzymes, such as catalase, urease, phosphatase and invertase, is the cornerstone of the research. Having carried out chemical and biological analyses of remediated and polluted soils, a conclusion is drawn that in the remediated soils there is no jump of activity of enzymes, and the soil is less phytotoxic in comparison with oil-polluted exemplars.

Key words: enzymatic activity, oil pollution, reclamation, sorbent, brown semidesertic soil.

Попадание нефти и нефтепродуктов в почву приводит к изменению активности ферментов, участвующих в важных биологических процессах, и тем самым неоднозначно влияет на азотный, фосфорный, серный и угле-

© Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Горяшкиева З.В., Хейчиев Н.С., 2015.

водный обмен, вызывая изменение активности ряда ферментов [1; 5; 6; 11; 12]. Согласно данным ферментативной активности можно квалифицировать почвенные нарушения. Влияние нефти и нефтепродуктов на ферменты почв многостороннее: прямое – ингибирование, разрушение или активация

ферментов, и косвенное – изменение ферментативного пула почвы в результате ингибирования роста почвенной мезофауны и растений [5, с. 34].

В настоящее время существует много работ, посвященных исследованию рекультивации нефтезагрязненных почв, однако влияние рекультивации на изменение активности ферментов изучено не полностью. Исследования ферментативной активности в нефтезагрязненных почвах при рекультивации необходимы для оценки действия рекультивации на свойства нарушенных почв. Целью нашей работы является изучение биологических свойств нефтезагрязненных почв при рекультивации. Это достигается путем решения задач постановки лабораторного опыта с использованием рекультивации для улучшения свойств нефтезагрязненных почв; проведением анализов для оценки использования рекультивации. В своей работе мы используем сорбент на основе отходов от стрижки овец (обножка), опилки и минеральные удобрения для рекультивации нефтезагрязненных почв [2, с. 29; 13].

Объект и методы исследования

Для изучения влияния рекультивации на нефтезагрязненные почвы был проведен лабораторный опыт на кафедре химии Калмыцкого государственного университета. Опыт проводился путем внесения в вегетационные емкости бурой полупустынной почвы в количестве 5 кг. Почвы слабозасоленные, супесчаные являются зональными для республики Калмыкия и характеризуются невысоким накоплением гумуса (1-1,5%). Почву загрязняли нефтью Состинского месторождения. Нефть

легкая, малосернистая, имеет содержание серы – 0,27%, содержание парафинов – 6,40%, плотность – 0,735 г/см³, вязкость составляет – 0,99мПа/с.

Содержание нефти в почве составило 2,5%, 5% и 10% от массы почвы, в результате разлива в вегетационные емкости 125 мл, 250 мл и 500 мл нефти. Контролем служили незагрязненные почвы. Часть вегетационных емкостей подвергнута рекультивации с внесением сорбентов совместно с минеральными удобрениями для ускорения разложения нефти в почве [3, с. 175]. В качестве сорбентов использовали обножку породы меринос после весенней стрижки, неочищенную, сухую, в количестве 31,2 г, 62,5 г и 125 г в зависимости от концентрации вносимой нефти, и опилки в том же количестве.

Рекультивация включает на первом этапе внесение отходов шерсти (обножки) и минеральных удобрений, в нефтезагрязненную почву, далее внесенный сорбент и минеральные удобрения перемешивают с нефтезагрязненной почвой и инкубируют на 24 ч. после чего осуществляют механическое удаление отработанного сорбента. На последнем этапе вносят опилки для дальнейшей очистки почв от нефтепродуктов. В ряде поставленных нами опытов доказано, что оптимальное время для полного насыщения сорбционного материала нефтью составляет 24 ч. это время также соответствует полной растворимости минеральных удобрений. Отходы шерсти ввиду своей волокнистой природы имеет большую сорбционную поверхность для поглощения нефти, но плохо соприкасаются с поверхностью почвы для извлечения нефти, поэтому в лабораторном опыте решено перемешать обножку с нефте-

загрязненной почвой для лучшего контакта сорбента с почвой.

В качестве минеральных удобрений используют аммиачную селитру, простой суперфосфат и сульфат калия (мочевины 0,3 г, суперфосфата 0,3 г, сульфата калия 0,3 г на 1 кг почвы). Применение минеральных удобрений способствует оптимизации соотношения питательных элементов в почвенном растворе и созданию определенной буферной емкости среды нефтезагрязненной почвы, что является важным фактором для обменных процессов [10, с. 117].

В качестве тест-растения для изучения влияния нефтяного загрязнения и рекультивации нами был выбран редис (*Raphanus sativus*). Семена редиса сеяли по 5 г в каждую вегетационную емкость. В ряде поставленных нами опытов доказано, что редис является хорошим индикатором нефтяного загрязнения, а относительно короткий вегетационный период позволяет использовать редис для лабораторных опытов [4].

Для изучения ферментативной активности опытных образцов проводи-

лись анализы активности уреазы в почве, которую определяли методом Т.А. Щербаковой; на фосфатазную активность – методом Штефаника, Ярни, Томеску; определения каталазной активности почв – по методу А.Ш. Галстяна; на активность инвертазы – методом Ф.Х. Хазиева, Я.М. Агафаровой, А.Е. Гулько. О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян редиса (всхожесть и скорость прорастания) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков).

Результаты исследования

Для получения результатов морфометрических изменений редиса под действием нефтяного загрязнения и рекультивации (табл. 1) был проведен ряд опытов с загрязнением почв нефтью. Длина корней редиса отражает фитотоксические свойства нефтезагрязненных почв [7, с. 51]. Исходя из полученных данных, следует отметить положительный эффект рекультивации на всхожесть и рост редиса. На рекультивированных образцах семе-

Таблица 1

Влияние нефтяного загрязнения и рекультивации на рост и развитие редиса

№	Серия опытов	Длина стебля, см	Длина корня, см	Общая биомасса, г	Общая биомасса, % от контроля
Нефтяное загрязнение					
1	Контроль	14,2±2,1	3,4±0,9	76,5	100,0
2	Нефт. загр. 2,5%	9,3±1,2	2,1±1,1	54,3	70,9
3	Нефт. загр. 5%	8,1±1,7	1,8±0,6	34,4	44,9
4	Нефт. загр. 10%	нет	нет	нет	нет
Рекультивация					
5	Контроль	13,3±1,4	4,2±1,2	84,3	100,0
6	Нефт. загр. 2,5%	10,8±2,5	3,1±0,8	67,4	79,9
7	Нефт. загр. 5%	9,4±1,9	2,9±1,0	44,5	52,7
8	Нефт. загр. 10%	8,5±1,0	2,4±0,5	28,2	33,4

на проросли во всех сериях опыта, в отличие от загрязненных почв, здесь концентрация нефти 10% токсична для растений, семена, посаженные на этих почвах, не проросли. На рекультивированных образцах увеличивается общее количество проросших растений, увеличивается длина стебля и корня, в отличие от нереккультивированных образцов. Таким образом, фитотоксичность рекультивированных почв намного ниже нефтезагрязненных.

Для изучения биологических свойств был проведен ряд опытов на содержание ферментов (табл. 2). Активность каталазы в нефтезагрязнен-

ных почвах снижается, причем чем выше концентрация нефтяного загрязнения, тем меньшую активность проявляет фермент. Это объясняется наличием в нефти сернистых соединений – ингибиторов каталазной активности [9; 14]. Так, на образцах с нефтяным загрязнением 10% активность фермента уменьшилась в 2 раза по сравнению с контролем. Образцы, подвергнутые рекультивации, не проявляют резких изменений в активности каталазы, что объясняется действием сорбента. Следовательно, применение рекультивации носит положительный характер для каталазной активности.

Таблица 2

Изменение ферментативной активности загрязненных и рекультивированных почв

№	Серия опытов	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность уреазы, мг N-NH ₄ на 1 г почвы за 4 ч.	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.	Активность фосфатазы, миллиграмм-процентах P ₂ O ₅ на 1 г почвы за 48 ч.
Нефтяное загрязнение					
1	Контроль	0,95	0,7	19,95	6,18
2	Нефт. загр. 2,5%	0,75	2,2	17,09	5,95
3	Нефт. загр. 5%	0,60	2,5	10,55	4,73
4	Нефт. загр. 10%	0,40	3,1	7,29	2,07
Рекультивация					
5	Контроль	1,00	0,8	20,52	5,84
6	Нефт. загр. 2,5%	0,95	1,1	18,52	5,50
7	Нефт. загр. 5%	0,85	1,5	15,09	5,13
8	Нефт. загр. 10%	0,75	2,0	13,09	4,72

Уреазная активность является наиболее чувствительным показателем по отношению к нефтяному загрязнению. В нефтезагрязненных почвах активность уреазы увеличивается, что говорит о нарушении азотного баланса почвы. Так, при максимальном содержании нефти активность фермента увеличивается в 4 раза по сравнению с незагрязненными образцами. На рекультивированных почвах также про-

слеживается увеличение активности уреазы, но не так интенсивно, как на загрязненных образцах. Здесь при загрязнении 10% активность уреазы увеличивается в 2 раза от контроля. Таким образом, применение сорбента для рекультивации нефтезагрязненных почв в отношении изменения фермента уреазы носит положительный эффект.

По результатам действия нефтяного загрязнения на активность инвер-

тазы нами доказано снижение активности этого фермента, это, возможно, связано с низкой активностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов и, соответственно, снижением в почве дисахаридов [8, с. 617]. Активность инвертазы зависит от концентрации вносимой нефти, так при загрязнении 2,5% активность фермента практически не отличалась от контроля, но при загрязнении 10% установлено резкое снижение активности фермента. При рекультивации активность инвертазы не подверглась резкому ингибированию, что говорит о снижении концентрации нефти сорбентом.

Фосфатазы широко распространены в почвах, играя существенную роль в поступлении подвижных форм фосфора в почву. Исходя из полученных данных, следует отметить снижение активности фосфатаз в нефтезагрязненных почвах. Так, при концентрации нефти 10% активность фосфатазы снизилась в 3 раза по сравнению с контрольными образцами. Причиной такого снижения активности фермента может быть как обволакивание почвенных частиц нефтью, препятствующее поступлению субстрата, так и ингибирующее действие тяжелых металлов, концентрация которых в нефтезагрязненных почвах увеличивается. Активность фосфатазы при рекультивации практически не отличается от контроля, это, видимо, объясняется присутствием минеральных удобрений в составе сорбента.

Выводы

Доказано, что нефтезагрязненные бурые полупустынные почвы при рекультивации проявляют менее токсичные свойства по отношению к

тест-растению, увеличивается общая биомасса растений, длина корней и побегов, в отличие от загрязненных почв. Установлено изменение ферментативной активности при нефтяном загрязнении, уменьшается активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов. Загрязнение почвы нефтью негативно действует на ферменты азотного и фосфорного обмена. Выявлено положительное влияние рекультивации на биологические свойства нефтезагрязненных почв, активность каталазы, уреазы, инвертазы и фосфатазы не подверглась резкому ухудшению свойств за счет уменьшения концентрации нефти и внесения минеральных удобрений сорбентом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антоненко А.М., Занима О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. 1992. № 1. С. 38–43.
2. Артемов А.В. Современные технологии очистки нефтяных загрязнений // Нефть. Газ. Промышленность. 2004 № 4 (9). С. 28–31.
3. Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х. Устойчивость светло-каштановых почв Калмыкии к нефтяному загрязнению // Вестник Восточно-Сибирского гос. ун-та технологий и управления. 2013. № 3. С. 173–180.
4. Даваева Ц.Д. Биоиндикация и мониторинг состояния нефтезагрязненных территорий Прикаспийской низменности / Ц.Д. Даваева, Л.Х. Сангаджиева, З.Б. Бадмаева и др. Элиста: НПП «Джангар». 2014. 152 с.
5. Исмаилов Н.М. Процессы самоочищения нефтезагрязненных почв и пути их интенсификации: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Баку, 1990. 47 с.
6. Киреева Н.А., Митрофанова А.М.,

- Кузяхметов Г.Г. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // *Агрохимия*. 2001. № 5. С. 64–69.
7. Киреева Н.А., Юмагузина Х.А., Кузяхметов Г.Г. Рост и развитие растений овса на почвах, загрязненных нефтью // *С.-х. биология*. 1996. № 5. С. 48–54.
8. Колесников С.И. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, М.Л. Татосян и др. // *Почвоведение*. 2006. № 5. С. 616–620.
9. Мукатанов А.Х., Ривкин П.Р. Техногенное загрязнение почв нефтяных промыслов // *Нефтяное хозяйство*. 1980. № 4. С. 45–51.
10. Терещенко Н.Н., Лушников С.В. К вопросу о рациональном применении минеральных удобрений для ускорения микробиологической деструкции нефтяных углеводов в почве // *Контроль и реабилитация окружающей среды: мат-лы IV междунар. симпозиума*. Томск. 2004. С. 117–119.
11. Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биологических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // *Агрохимия*. 1981. № 10. С. 102–111.
12. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность почвы // *Научн. докл. высш. школы (Отд. биол. наук)*. 1988. № 10. С. 93–99.
13. Цомбуева Б.В. Применение природных материалов в качестве сорбентов для очистки почв от нефтяного загрязнения // *Современные проблемы науки и образования (электронное издание)*. 2014. № 6. <http://www.science-education.ru/120-15695>.
14. Яшвили Н.Н., Берадже М.А. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическую активность почв Колхидской низменности // *Изв. АН ГССР. Сер. Биол.* 1982. Т. 8. С. 56–59.