

УДК 504.53.062.4

**О РЕАБИЛИТАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУРЫХ УГОЛЕЙ**

Л.К. Ахметова

*Использование бурого угля и минеральных удобрений наряду поливом и рыхлением нефтезагрязненной почвы, уменьшает токсичность почвы, усиливает биodeградацию нефти, увеличивает количество микроорганизмов.*

Нефтяная и газовая промышленность остается потенциально опасной в загрязнении окружающей среды и ее отдельных компонентов. Почвенный покров нефтепромыслов Восточного Прикаспия техногенно нарушен, загрязнен нефтью, промысловыми высокоминерализованными сточными водами, строительным мусором. Учитывая слабую устойчивость пустынных экосистем к антропогенному прессу, изучение почвенного покрова остается актуальным [8].

Процесс естественного восстановления загрязненных нефтью почв длителен. Наиболее перспективным способом очистки почвы от нефтепродуктов является рекультивация земель, в основе которой лежит биоремедиация – стимулирование аборигенной углеводородоокисляющей микрофлоры, путем создания оптимальных условий для ее жизнедеятельности. Ускорение процесса биodeградации углеводородов нефти происходит за счет увеличения доступа воздуха и воды, внесением минеральных и органических удобрений, посева специально подобранных смесей злаковых и бобовых культур в сочетании с необходимыми агротехническими приемами обработки почв [1].

Очищение почв от нефти – это сложный физико-химический и биохимический процесс, скорость и направленность которого зависит от ряда факторов, таких как температура окружающей среды, свойства почв, активность микрофлоры, влажность и концентрация нефти в почве [3]. Для исследуемого района характерно, что наряду с высокой степенью загрязнения почвы нефтью, почвенные и климатические как неблагоприятны для процессов самоочищения. Среди основных факторов самоочищения почвы, таких как физическое, химическое и биологическое очищение, в условиях Восточного Прикаспия ведущую роль играет биологический фактор. Одним из важных

условий биологического очищения почвы от нефти является степень функциональной активности почвенной микрофлоры.

Естественное восстановление плодородия почв при загрязнении нефтью происходит значительно дольше, чем при других техногенных загрязнениях. Резко изменяется водопроницаемость вследствие гидрофобизации, структурные отдельности не смачиваются, а вода как бы «проваливается» в нижние горизонты профиля почвы; влажность уменьшается [1].

Нефть и нефтепродукты вызывают практически полную депрессию функциональной активности флоры и фауны. Ингибируется жизнедеятельность большинства микроорганизмов, включая их ферментативную активность. Управление процессами биодеградации нефти должно быть направлено, прежде всего, на активизацию микробных сообществ, создание оптимальных условий их существования. Попадая в почву, нефть увеличивает общее количество углерода. В составе гумуса возрастает нерасщепимый остаток, что является одной из причин ухудшения плодородия. Возрастает отношение  $C:N$  [8]. Ухудшается азотный режим, что в случае рекультивации требует внесения повышенных доз азотных удобрений.

Целью вегетационного опыта, проводимого в лабораторных условиях, являлась рекультивация нефтезагрязненной почвы, а именно, уменьшение токсичности почвы, улучшение микробиологического, водно-воздушного режима, снижение рН, увеличение биологической активности, создание оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов, которые являются деструкторами нефти и нефтепродуктов.

**Материалы и методы.** Рекультивации подверглась нефтезагрязненная бурая пустынная почва, именуемой далее нефтешламмом, отобранной на месторождении Кульсары 9 августа 2003 года. Нефтешлам смешивался с чистой приморской луговой почвой отобранной в том же районе, а также были варианты с использованием бурого угля и минеральных удобрений. Содержание общего углерода в приморской луговой почве составляло 2,54 %, рН 8,97, рН нефтешламма – 8,70. В качестве минеральных удобрений использовался нитрат аммония в количестве 0,240 г/кг почвы, а также дигидроортофосфат калия 0,136 г/кг почвы. Доза минеральных удобрений выбрана неслучайно, она известна под названием «смесь Прянишникова» рассчитанная для выращивания культурных растений в вегетационных сосудах на чистом песке, то есть в среде не содержащей питательных элементов [7].

Опыт содержит 10 вариантов в 3 повторности:

1. – нефтешламм 150 г,
2. – смесь нефтешламма 75 г и почвы 75 г, в соотношении 1:1,
3. – смесь нефтешламма 50 и почвы 100 в соотношении 1:2,
4. – смесь нефтешламма 75 г почвы 75 г и бурого угля 25 г (1:1 + бурый уголь),
5. – смесь нефтешламма 50 г почвы 100 г и бурого угля 25 г (1:2 + бурый уголь),
6. – смесь нефтешламма 75 г + почвы 75 г + минеральные удобрения К, Р, N (1:1 + К, Р, N),
7. – смесь нефтешламма 50 г + почвы 100 г + минеральные удобрения К, Р, N (1:2 + К, Р, N),
8. – смесь нефтешламма 75 г, почвы 75 г + бурый уголь 25 г + минеральные удобрения К, Р, N (1:1 + бурый уголь + К, Р, N),
9. – смесь нефтешламма 50 г, почвы 100 г + бурый уголь 25 г + минеральные удобрения К, Р, N (1:2 + бурый уголь + К, Р, N),
10. – 150 г чистой приморской луговой почвы.

В течении 2 месяцев производились полив и рыхление. В начале и в конце опыта производился подсчет основных групп микроорганизмов бактерий, грибов, актиномицетов, измерялись рН, проведен биотест на фитотоксичность почвы, содержание нефти и нефтепродуктов в почве, анализ на протеазную активность.

Бурый уголь использовался как сорбент нефти, а также разрыхлитель почвы, улучшивший его физико-химические свойства, кроме того он существенно снижает рН среды, способствует снижению токсичности почвы, улучшает микробиологический режим.

Численность основных групп микроорганизмов определялась путем посева на плотные питательные среды почвенной суспензии. Количество бактерий определяли посевом почвенной суспензии на РПА (рыбопептонный агар), грибов на среде Чапека 7, актиномицетов на КАА (крахмало-аммиачном агаре) [6].

Для определения фитотоксичности почвы ставили биопробу на прорастание семян редиса [2] которое заключалось в подсчете количества проросших семян на опытном образце по сравнению с прорастанием семян на контрольном образце, которое составляет обычно 50 %. В качестве опытного объекта выбраны семена редиса сорта «Красный с белым кончиком». Обычно за 12 часов при температуре 26 °С прорастает 50 % семян, а через некоторое время остальные, именно в это время организм растений

наиболее чувствителен к внешним воздействиям. Проросшим считается семя, у которого корешок прорвал семенную оболочку. Среднюю всхожесть редиса по вариантам выражали в процентах к соответствующей всхожести в контрольном образце, которая принимается за 100 %.

Содержание нефти и нефтепродуктов определяли гравиметрическим методом [4, 5]. Для этого высушенную пробу почвы (масса – 30 г) смачивали хлороформом до влажного состояния. Затем несколько раз проводили экстракцию с добавлением 10...15 см<sup>3</sup> хлороформа до получения в последней порции бесцветного экстракта. Экстракт помещали в колбу на 250 (300) см<sup>3</sup>, которую соединяли с холодильником Либиха, и ставили ее на водяную баню для выпаривания, когда в колбе оставалось 20...25 см<sup>3</sup>, отгонку прекращали, остатки экстракта сливали в колбу и помещали в вытяжной шкаф для испарения оставшегося хлороформа. После испарения растворяли в 5...10 см<sup>3</sup> гексана и переносили в колонку, заполненную оксидом алюминия для извлечения полярных соединений. При получении гексанового раствора нефтепродуктов, освобожденного от полярных соединений, гексан испаряли при комнатной температуре. После полного удаления гексана (в потоке воздуха при комнатной температуре), стакан взвешивается до постоянной массы. Содержание нефтепродуктов в образце почвы вычисляли по формуле:

$$X = \frac{a-b}{c} \cdot 1000,$$

где  $X$  – концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг,  $a$  – масса стакана с содержимым нефтепродуктов, мг,  $b$  – постоянная масса стакана, мг,  $c$  – масса пробы взятая для анализа, мг, 1000 коэффициент пересчета на 1 кг.

**Результаты и их обсуждение.** Данные анализов (табл. 1, 2) указывают на значительное преобладание в микрофлоре как загрязненной, так и чистой почвы бактерий. Их численность колеблется от 4 до 229 млн. до опыта и от 11 до 261 млн. после опыта.

Количество бактерий значительно увеличилось, после полива и рыхления в течение 2 месяцев, за исключением варианта 8 нефтешлам + почва + удобрения (1:2), где численность бактерий уменьшилась. В чистой приморской луговой почве численность бактерий осталась практически на том же уровне  $11,08 \cdot 10^6$  до и  $11,26 \cdot 10^6$  после опыта. Максимальное количество бактерий до полива и рыхления было в варианте 8, где соотношение нефтешламма и почвы было 1:1 и добавлялся бурый уголь и удобрения, численность была равна  $229,33 \cdot 10^6$  клеток на 1 грамм почвы. Мини-

мальное количество бактерий наблюдалось в 1 варианте с нефтешламмом и равнялось –  $4,65 \cdot 10^6$ . Максимальное количество бактерий после полива было в варианте 4, нефтешламм + почва (1:1) + бурый уголь –  $261,3 \cdot 10^6$ .

Таблица 1

Численность основных групп микроорганизмов в начале опыта

Вариант	Численность микроорганизмов в 1 г почвы		
	бактерий (РПА)	грибов	актиномицетов
1	$4,65 \cdot 10^6$	466	$42 \cdot 10^3$
2	$42,66 \cdot 10^6$	2066	$172 \cdot 10^3$
3	$29,33 \cdot 10^6$	1433	$245 \cdot 10^3$
4	$109,33 \cdot 10^6$	566	$610 \cdot 10^3$
5	$26,0 \cdot 10^6$	2366	$372,3 \cdot 10^3$
6	$9,95 \cdot 10^6$	1100	$158 \cdot 10^3$
7	$29,78 \cdot 10^6$	2100	$580 \cdot 10^3$
8	$229,33 \cdot 10^6$	1100	$450 \cdot 10^3$
9	$15,66 \cdot 10^6$	1866	$1060 \cdot 10^3$
10	$11,08 \cdot 10^6$	400	$740 \cdot 10^3$

Таблица 2

Численность основных групп микроорганизмов после полива и рыхления

Вариант	Численность микроорганизмов в 1 г почвы		
	бактерий (РПА)	грибов	актиномицетов
1	$15,93 \cdot 10^6$	333	$121,3 \cdot 10^3$
2	$54,8 \cdot 10^6$	1200	$1513,3 \cdot 10^3$
3	$30,66 \cdot 10^6$	966	$1653,3 \cdot 10^3$
4	$261,3 \cdot 10^6$	2033	$1833,3 \cdot 10^3$
5	$108,66 \cdot 10^6$	3600	$1213,3 \cdot 10^3$
6	$94,0 \cdot 10^6$	1800	$1673,3 \cdot 10^3$
7	$145,33 \cdot 10^6$	1133	$2733,3 \cdot 10^3$
8	$73,33 \cdot 10^6$	1300	$300 \cdot 10^3$
9	$64,0 \cdot 10^6$	2533	$766,6 \cdot 10^3$
10	$11,26 \cdot 10^6$	4366	$960 \cdot 10^3$

Численность грибов в 1...3 вариантах без добавления бурого угля и удобрений после опыта уменьшились, во всех остальных вариантах их количество возросло. Максимальное количество грибов до опыта было в варианте 5 нефтешламм + почва (1:2) + бурый уголь и составляло 2366, минимальное количество грибов было в чистой приморской почве и равнялось 400, тогда как в нефтешламме количество грибов было немногим больше – 466 клеток на 1 грамм почвы. Большое количество грибов после полива и рыхления было в варианте с чистой почвой, а также в 4, 5, 9 ва-

риантах и составляло соответственно 4366 в чистой, 2033, 3600, 2533. Минимальное количество в 1 варианте с нефтешламмом и равно 333 клеток на 1 грамм почвы.

Численность актиномицетов увеличилась во всех вариантах за исключением 8 и 9, с добавлением бурого угля и удобрений и численность составила 300 и 766,6 тыс. соответственно.

Биотест на фитотоксичность показал (табл. 3 и рис. 1), что нефтешламм весьма токсичен для растений, тогда как его смесь с чистой почвой в соотношении 1:2 (вариант 5) при добавлении бурого угля снижает его токсичность. До опыта всхожесть семян редиса на нефтешламме была равна 8 %, в пятом варианте 49,66 %. В тех же вариантах после опыта всхожесть была равна 9,67 и 51 % соответственно. Максимальная всхожесть после опыта наблюдалась в варианте 9 с добавлением бурого угля и удобрений при соотношении нефтешламма к чистой почве 1:2 – 57,32 %.

Таблица 3

Средняя всхожесть семян

Вариант	Данные до опыта		Данные после опыта	
	среднее количество проросших семян	средняя всхожесть, %	среднее количество проросших семян	средняя всхожесть, %
1	4	8	4,83	9,67
2	5,44	10,88	9,67	19,34
3	7,5	15	18	36
4	9,83	19,66	14,83	29,66
5	24,83	49,66	25,5	51
6	5,83	11,66	10,17	20,34
7	8	16	19,67	39,34
8	8,5	17	17,67	35,34
9	20,33	40,66	28,66	57,32
10	50	100	50	100

Наименьшее значение фитотоксичности наблюдалось в варианте 9 и 5 с использованием бурого угля с добавлением минеральных удобрений и без них. В конце опыта в варианте 9 количество не проросших семян редиса составило 42,68 %, а в варианте 5 – 49 %.

Наиболее эффективными вариантами по уменьшению содержания нефтепродуктов являются 9, 5, 8, 4 т.е. с использованием бурого угля с удобрениями и без них (Рис. 2). Наименьшее количество нефтепродуктов после опыта было в варианте 9 – 6,33 г/кг почвы, в варианте 5 – 6,67 г/кг почвы. При

этом наименьшее количество остаточной нефти в % к исходному количеству было в варианте 4 – нефтешлам + почва (1:1) + бурый уголь – 30,89%. Использование минеральных удобрений без бурого угля тоже способствуют уменьшению количества нефтепродуктов, но не так эффективно.

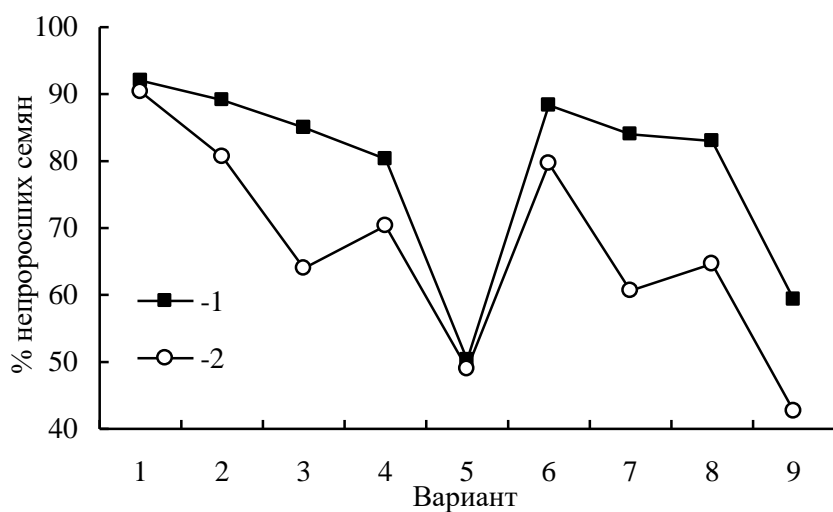


Рис. 1. Результаты фитотоксичности. 1 – количество не проросших семян до опыта, 2 – количество не проросших семян.

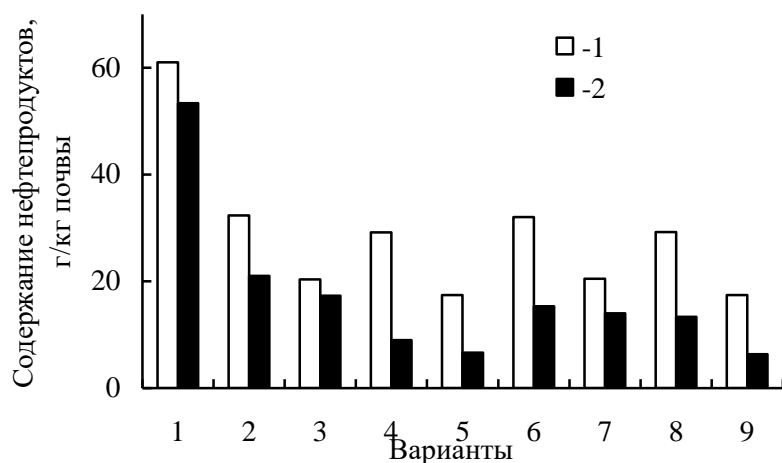


Рис.2. Количество нефтепродуктов до и после опыта. 1 – масса нефтепродуктов до опыта, 2 – масса нефтепродуктов после опыта.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что внесение бурого угля и минеральных удобрений в нефтешламе наряду с поливом и рыхлением увеличивают численность бактерий в 2,2 раз, грибов в 2,26 раз, актиномицетов в 2,68 раз. Содержание нефтепродуктов в нем уменьшилось на 42,94 %, кроме того, количество не проросших семян редиса уменьшилось с 83,5 до 62,5 %. Таким образом бурый уголь и минеральные удобрения при реабилитации нефтезагрязненных почв являются эффективным методом биоремедиации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехин В.Г., Емцев В.Т., Rogozina E.A., Фархутдинов А.И. Биологическая активность и микробиологическая рекультивация почв, загрязненных нефтепродуктами // Биологические ресурсы и природопользование. Сборник научных трудов. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 1998. Вып. 2. – С. 95 – 105
2. Гроздинский А.М. Аллелопатическое почвоутомление. Киев, Наукова думка, 1979. 248 с.
3. Исмаилов Н.М., Пиковский Ю.И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем М.: Наука, 1988. С. 222 – 230.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М., Химия, 1984, С. 448 – 450.
5. Лурье Ю.Ю., Рыбников, Химический анализ производственных сточных вод. М. Химия 1974, 290 с.
6. Практикум по почвенной микробиологии. Л.: ЛГУ, 1974, 180 с.
7. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. – Том 1., М.: Колос, 1965. – 767 с.
8. Фаизов К.Ш., Раимжанова М.М., Алимбеков Ж.С. Экология Мангышлак-Прикаспийского нефтегазового региона. Алматы, 2003, 238 с.

Институт почвоведения

#### **ҚОҢЫР КӨМІРДІ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫ ЖАРАМДАНДЫРУ ТУРАЛЫ**

Л.К. Ахметова

*Мұнай мен ластанған топырақты суару және боптаумен қатар қоңыр көмір мен минералдың тынайтқыштардың ұйттандырғыштығы кеніді, мұнайдың биодеградациясы күшееді. Микроорганизмдердің саны көбееді.*