

УДК 631.86:631.61

САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

¹Баландина А.В., ¹Кузнецов Д.Б., ²Бурдова Л.В.

¹Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь, e-mail: denis.pfa@gmail.com;

²Центр внешкольной работы «Мозаика», п. Ильинский, e-mail: icvr@yandex.ru

Проведено исследование по изучению процесса самоочищения почв загрязненных нефтью в разное время (1971-2003 гг.). Все образцы содержат большое содержание углеводородов и органических соединений, связанное с большим количеством смолисто-асфальтеновых веществ. Установлено, что в загрязненных нефтью образцах, давность загрязнения не оказывает значимого влияния на остаточное содержание углеводородов нефти в почве. Обнаружено, что нефтяные загрязнения почвы при избыточном увлажнении процессы самоочищения затрудняются. Нарушение водно-воздушного режима препятствует нормальному функционированию почвенной микробиоты и, как следствие, естественной биodeградации углеводородов нефти. В связи с этим, в случае невозможности проведения трех этапной биологической рекультивации, необходимо произвести хотя бы рыхление верхнего слоя почвы с целью улучшения водно-воздушного и теплового режимов.

Ключевые слова: нефтяные загрязнения почв, естественная биodeградация углеводородов нефти

SELF-HEALING CONTAMINATED SOIL

¹Balandina A.V., ¹Kuznecov D.B., ²Burdova L.V.

¹Perm of state pharmaceutical academy, Perm, e-mail: denis.pfa@gmail.com;

²Center extracurricular work «Mosaic», settlement Il'inskii, e-mail: icvr@yandex.ru

The process of self-purification of soil contaminated with oil at different times (1971-2003 gg.). All samples contain high levels of hydrocarbons and organic compounds associated with lots of resin-asphaltene substances. Found that in the oil-contaminated samples, prescription pollution has no significant effect on the residual petroleum hydrocarbons in the soil. It was found that oil contamination of soil with excessive moisture loss to the processes of self-purification. Violation of water and air regime interferes with the normal functioning of the soil microbiota and, as a consequence, the natural biodegradation of petroleum hydrocarbons. Therefore, in case of failure of the three landmark bioremediation, you must make at least loosening topsoil to improve the water-air and thermal regimes.

Keywords: Oil pollution of soils, natural biodegradation of petroleum hydrocarbons

В естественных условиях нефть залегает на больших глубинах и не оказывает влияния на почву. Загрязнение почв нефтью происходит в результате антропогенной деятельности в районах нефтепромыслов, нефтепроводов, а также при перевозке нефти. Поэтому проблема нефтяных загрязнений весьма актуальна в настоящее время при активном развитии нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Одновременно в связи с ростом внимания к экологическому фактору, связанному с промышленной деятельностью, возрастает интерес и к вопросам рекультивации [1, 2, 3]. К сожалению, полностью очистить почву от нефти весьма трудно в связи с ее медленным разложением, поэтому в почве всегда можно обнаружить некоторое количество остаточных нефтепродуктов.

Цель работы: изучение трансформации нефтяных компонентов в почвах в процессе самоочищения почв загрязненных нефтью.

В легкой фракции нефти большую часть (50-70%) составляют низкомолекулярные нормальные алканы, с числом атомов углерода от 5 до 15, оказывающие токсическое действие на живые организмы [9]. Основную массу ароматических углеводородов

составляют моноядерные углеводороды – бензол и его гомологи. Арены имеют наибольшую плотность и являются самыми токсичными компонентами нефти. Так, с увеличением ароматичности нефтей растет их гербицидная активность [6].

При радиальном распределении нефти в почвенном профиле значительную роль играют так называемые барьеры-аккумуляторы, то есть горизонты с повышенной нефтеемкостью. Горизонтами-концентраторами нефтяных компонентов являются высокеемкие (органосорбционные) органические горизонты почв и торфов, а также горизонты легкого гранулометрического состава, имеющие достаточно высокую эффективную пористость [10].

Этапы самовосстановления нефтезагрязненных почв

Под термином «самовосстановление» (самоочищение) подразумевается естественное восстановление природного объекта, без какого-либо вмешательства человека, при этом часто происходит смена растительного и микробного сообщества. Естественное восстановление нефтезагрязненных почв протекает за длительный пе-

риод, который можно разделить на несколько этапов по преобладающим процессам освобождения почвы от нефти [4].

На первом этапе в результате процессов физико-химического выветривания происходит удаление из почвы наиболее низкомолекулярных составляющих нефти – газообразных и легколетучих соединений. С этими фракциями в наибольшей мере связано ее токсическое действие по отношению к почвенной биоте и растениям, и поэтому деятельность микроорганизмов и, особенно, беспозвоночных подавлена. Снижение концентрации летучих углеводородов в почве ведет к резкому повышению численности углеводородоокисляющих микроорганизмов. В зависимости от почвенно-климатических условий и состава нефти этот период варьирует от нескольких месяцев до 1,5 лет.

Второй этап естественной микробиологической деградации нефти занимает более длительный промежуток времени и сопровождается постепенным снижением ее количества. Каждый следующий вегетационный период характеризуется в среднем потерей около 20 % нефти. На данном этапе процессы биodeградации поллютанта идут в двух противоположных направлениях. С одной стороны, окисление нефти приводит к упрощению ее структуры, что связано с деятельностью углеводородоокисляющих микроорганизмов. Благодаря их активности происходит микробное разложение, главным образом, нормальных алканов и простых ароматических углеводородов. Для данного этапа характерны соокислительные условия биodeградации соединений нефти. В почве постепенно увеличивается разнообразие биоты, встречаются мелкие беспозвоночные, появляются некоторые виды цианобактерий, преобладают споровые и микроскопические грибы [7].

Третий этап деградации является наиболее длительным и малоизученным. В почве в этот период присутствуют в основном самые сложные компоненты нефти, трудно разлагаемые микроорганизмами. Для большинства из этих соединений известны главным образом кометаболические пути биodeградации [4]. В таких почвах количество микроорганизмов может быть близким к контрольной почве, но качественный состав по-прежнему сильно отличается. Эти почвы еще долго характеризуются более высокой численностью углеводородоокисляющих микроорганизмов [8].

Следует подчеркнуть, что если нефтяное загрязнение вызвало заметные из-

менения свойств почвы и растительного покрова, то даже после длительного срока (несколько десятков лет) полного возврата биоценоза и почвы к исходному состоянию не происходит, даже если химические анализы практически не обнаруживают опасного превышения загрязняющими веществами их фонового содержания [5].

Таким образом, естественная деградация нефти в природных условиях протекает в течение длительного периода времени и включает последовательное разложение компонентов возрастающей сложности и конденсацию промежуточных продуктов. На разных этапах разложения нефти ведущую роль играют различные процессы: физико-химическое выветривание, разрушение соединений нефти в результате микробного метаболизма и, наконец, кометаболические процессы их деструкции. Данная последовательность строго детерминирует очередность и определяет своевременность применения тех или иных технологических операций. В этом и состоит один из основных принципов оптимизации биотехнологии рекультивации нефтезагрязненных почв.

Объекты исследования

Физико-географическая характеристика района. Работы по отбору образцов были проведены в Пермском крае, около с. Васильевского Ильинского района. Территория представляет собой повышенную увалистую равнину, сильно рассеченную овражно-балочной сетью. На юго-востоке, в 23 км от Ильинского, р. Горевая отделяет с. Васильевское. Оно находится на севере Оханской возвышенности, высота 240 – 300 м и более, а к юго-западу от с. Васильевского 316 м – максимальная в Ильинском районе.

Как в породах, так и в почвах исследуемой территории обнаруживается много валунов, щебня. Это связано с тем, что данная местность была подвержена действию ледника. Также для Пермского края характерны обогащенные карбонатами пермские породы (песчаники, известняки, глины), перекрытые с поверхности покровными суглинками или древнеаллювиальными отложениями. Основной фон почвенного покрова составляют дерново-подзолистые почвы, среди них встречаются почвы со вторым гумусовым горизонтом и дерново-карбонатные почвы. Дерново-подзолистые почвы более гумусированы (3-6 % под лесом). На-

коплению гумуса способствует замедление темпа биологического круговорота веществ в условиях континентального и менее увлажненного климата. Также климат способствует энергичной деятельности почвенной флоры и микроорганизмов. Присутствие в лесах лиственных пород и травянистой растительности, имеющих повышенную зольность по сравнению с хвойными породами и мхами, благоприятствуют закреплению части гумусовых веществ в верхнем горизонте и формированию в верхней части профиля под подстилкой четко выраженного гумусо-аккумулятивного горизонта, образовавшегося в результате дернового процесса. Однако под южно-таежными лесами протекает подзолистый процесс. Это и объясняет формирование здесь дерново-подзолистых почв, господствующих на положительных элементах рельефа.

Полевые исследования

В рамках полевых исследований было исследовано 4 производственных объекта, подверженных самовосстановлению (рисунок).

Участок территории, на которой произошел разлив нефти во время установки новой трубы нефтепровода в 2003 году недалеко от с. Васильевское. Высота пропитки около 20 см. Площадь загрязнения 84 м².

Разлив при аварийном сливе нефти из нефтепровода в 1996 г. Площадь загрязнения 79 м².

Загрязнение около одного амбара хранения нефтепродуктов во время проведения технических работ на нефтепроводе в 1980-1981 гг. Площадь загрязнения 81 м².

Технический разлив нефти около двух амбаров хранения нефтепродуктов в 1971-1976 гг. Площадь загрязнения 146 м².

Общая площадь загрязнения составила 390 м².

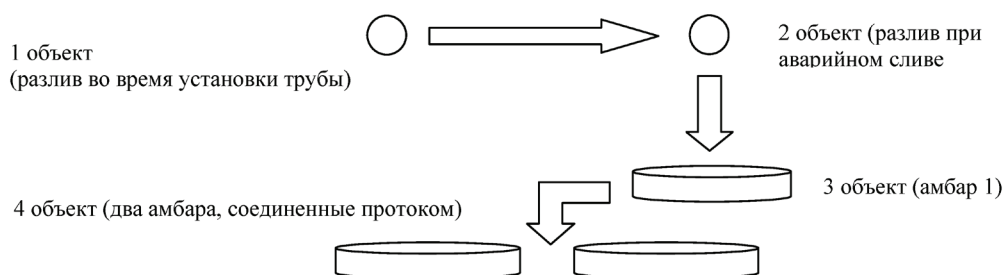


Схема последовательности отбора образцов на объектах, подверженных самовосстановлению. Общее загрязнение 390 м²

В образцах дерново-карбонатных нефтезагрязненных почв на стадии самоочищения значения pH водной суспензии изменяются от 6,7 до 7,23 (таблица) в зависимости от давности загрязнения. Смещение величины pH загрязненных почв

в кислую сторону можно объяснить неблагоприятным водно-воздушным режимом и накоплением промежуточных продуктов распада нефти, которое, возможно, и вызывает подкисление почв накапливающимися органическими кислотами.

Значение актуальной кислотности, Содержание углерода органических соединений, Общее содержание углеводов нефти. Полевые исследования

	Образец, глубина, см	1 загр.	2 загр.	3 загр.	4 загр.
pH	0-20	7,23	7,12	6,70	7,11
C, %		8,30	3,45	5,02	3,43
Общее содержание УВ, %		0,012	0,105	0,013	0,166

Полученные значения содержания углерода органических соединений для образцов почвы, подверженной самоочищению, изменяются в широких пределах: от 3,45 % в образце почвы, соответствующему разливу при аварийном сливе нефти в 1996 г. до 8,30 % в образце, взятом на участке территории, на которой произошел разлив нефти во время установки новой трубы в 2003 году. Высокие значения содержания углерода органических соединений характерны для образцов 1загр. и 3загр. (таблица). Им соответствуют низкие значения углеводов нефти 0,012 и 0,013. Это вероятно связано с большим количеством смолисто-асфальтеновых веществ, нерастворимых в органических растворителях, которые проявляются в увеличенном содержании углерода органических соединений.

В образцах, взятых с участков, претерпевших нефтяные загрязнения различной давности с последующим самоочищением, разброс значений содержания углеводов нефти составляет, соответственно: с 0,012 % (образец № 1) до 0,166 % (образец № 4) (таблица). Как видно из результатов, давность загрязнения в данном случае не оказывает значимого влияния на остаточное содержание углеводов нефти в почве (4 объект загрязнен в 1971-1976 гг., а 1 – в 2003 году). Показательно то, что 4 образец был взят на территории 2 амбаров, заполненных водой, что говорит о затрудненной аэрации почвы и избыточном увлажнении и, как следствие, нарушенном водно-воздушном режиме. Это препятствует нормальному функционированию почвенной микробиоты, и как следствие естественной биodeградации углеводов нефти.

Закключение

Немаловажную роль для трансформации и микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов в почве играет влажность и водно-воздушный режим. На примере данных по образцу, испытывавшему технический разлив нефти с последующим самовосстановлением показано, что относительное содержание алканов C31-C41 составляет 53,36% несмотря на давность

разлива порядка 25 лет. Вследствие затрудненной аэрации почвы в условиях избыточного увлажнения и, соответственно, нарушенного водно-воздушного режима затрудняется нормальное функционирование почвенной микробиоты и естественной биodeградации углеводов нефти.

В случае, когда по каким-либо причинам при нефтезагрязнении почвенного покрова невозможно провести полноценную трехэтапную рекультивацию, следует осуществить элементарное механическое воздействие на загрязненный участок путем рыхления верхнего слоя почвы с целью улучшения воздушного, водного и теплового режимов, с одновременным формированием микрорельефа из гребней и борозд для интенсификации процессов физико-химического и микробиологического разрушения нефти.

Список литературы

1. Баландина А.В., Кузнецов Д.Б. Остаточные нефтепродукты в дерново-карбонатных почвах после рекультивации и самоочищения // Успехи современного естествознания – 2013. – № 7. – С. 95-100.
2. Баландина А.В., Одегова Т.Ф., Казаков А.В., Кузнецов Д.Б. Применение штаммовых культур грибов-сапрофитов в методике рекультивации почв, загрязненных нефтью // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (3). – С. 668-672.
3. Баландина А.В., Еремченко О.З., Одегова Т.Ф., Кузнецов Д.Б. Микробная ремедиация техногенных образований керженецкой нефтебазы // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (2). – С. 328-333.
4. Баландина А.В., Еремченко О.З., Одегова Т.Ф., Кузнецов Д.Б. Результаты исследований по ремедиации дерново-карбонатных почв // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (1). – С. 95-99.
5. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Геохимия полициклических ароматических углеводов в горных породах и почвах. – М.: МГУ. – 1996. – 192 с.
6. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. М.: Наука. – 1997. – 598 с.
7. Орлов Д.С., Аммосова Я.М. Методы контроля почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Почвенно-экологический мониторинг. – М.: МГУ. – 1994. – С. 219–231.
8. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: «Высш. шк.», – 2002. – 334 с.
9. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М., – 1988.
10. Солнцева Н.П., Садов А.П. Закономерности миграции нефти и нефтепродуктов в почвах лесотундровых ландшафтов Западной Сибири // Почвоведение. – 1998. – № 8. – С. 996-1008.