

ОБЗОР МЕТОДОВ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Тоганбай Алина Нургаликызы

магистрант, Казахский Национальный Аграрный Университет, Казахстан, г. Алматы

Аннотация. Показано, что актуальность очистки и восстановления нефтезагрязненных почв стоит особенно остро для предприятий, осуществляющих добычу, переработку, транспортировку, а также использующих в производственной деятельности нефть и нефтепродукты. В результате аварийных ситуаций разливы нефти и потери нефтепродуктов в результате хозяйственной деятельности наносят существенный ущерб окружающей среде, в частности, почвам. В статье представлен обобщенный материал о физико-химических свойствах нефти, крупных запасах энергетических ресурсов Казахстана, методах очистки почв от нефтезагрязнений, о способах биоремедиации нефтезагрязненных почв Казахстана, биопрепаратах для очистки почв от нефтезагрязнений.

Ключевые слова: биоремедиация почв, нефть, почва, нефтегазовый сектор экономики Казахстана.

Введение

Одним из экологичных способов восстановления нефтезагрязненных почв являются биологические методы, среди которых биоремедиация почв является наиболее привлекательной, которую возможно осуществлять непосредственно в местах нахождения нефтезагрязненной почвы и восстановить её исходные качества, чем и определяется общий интерес к изученности данной темы.

Цель: обзор способов биоремедиации нефтезагрязненных почв.

Результаты и обсуждение

Биоремедиация – способ биологической очистки почв с применением технологий и устройств, который может быть оптимизирован:

- 1) биостимуляцией – активизацией деградирующей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;
- 2) биодополнением – интродукцией природных и генно-инженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

Как известно, почва – это верхний слой литосферы и как природный субстрат, обитаемый внутри и снаружи, имеет ряд свойств биосферы и состоит из органических и неорганических компонентов, трехфазный, т.к. имеет твердую, жидкую и газообразную основу.

Основные функции почв представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 следует, что почва выполняет природные (первые четыре функции) и технико-промышленные (последние две функции) задачи.

Нефть – это, с одной стороны, важный энергоноситель и «аккумулятор» техногенеза, с другой – мощный загрязнитель почвы, угнетатель биохимических процессов на уровне почв, а при аварийных разливах - приводит к необратимым изменениям и формированию техногенных пустынь.



Рисунок 1. Основные функции, выполняемые почвой

Предприятия нефтегазового сектора наносят урон почвам через:

- механическое нарушение почвенного покрова,
- прорывы карт с нефтешламом и буровыми отходами,
- сбросы нефти в земляные амбары,
- разливы сырой нефти из-за аварий на скважинах, повреждений и коррозии трубопроводов,
- разливы водонефтяной смеси при разрывах трубопроводов,
- утечки нефти при производстве ремонта скважин.

В дополнение следует отметить, что деградация почв происходит:

- на производственных площадях нефтепромыслов,
- вдоль линий нефтепроводов,
- вдоль транспортных коммуникаций,
- на участках разведочного и геофизического бурения.

Из вышеизложенного следует, что почвы нефтепромыслов подвержены разрушениям почвенного покрова и загрязнению сырой нефтью, буровыми отходами, минерализованными стоками и химическими реагентами.

Последствия от нефтехимических загрязнений в почвах проявляются на уровне генетических изменений вследствие необратимости процессов деградации. При этом наблюдается отсутствие должного эффекта от применения механических, физических и химических методов очистки почв от нефтезагрязнений.

Нефтезагрязнения отрицательно влияют на физико-химические (ухудшаются агрофизические, агрохимические свойства почвы; понижается активность ферментов, обеспеченность почвы подвижными формами азота и фосфора) и биологические (вначале изменяется численность микроорганизмов основных физиологических групп, затем снижается биоразнообразие, происходит нарушение в биохимическом процессе жизнеобеспечения почв) свойства почв. Нефть оказывает отрицательное влияние на жизнь растений, задерживает начало цветения. Цветки, загрязненные нефтью, не образуют семена, а при сильном нефтяном загрязнении происходит вымирание растительного покрова.

В таблице 1 представлены факторы, определяющие характер и степень нефтяного загрязнения почв.

Таблица 1.

Факторы, определяющие характер и степень загрязнения почв нефтью

Легкие фракции нефти	Твердый парафин	Ароматические углеводороды
характер и степень загрязнения почв		
Обладает наибольшей проникающей способностью	Очень трудно разрушается	Наиболее токсичные компоненты
Затягиваются капиллярными силами на глубину до 1 м	Происходит закупорка пор в почве	Уже при концентрации 1% в воде убивают все растения
Имеют низкую температуру кипения и быстро испаряются	С трудом окисляется на воздухе	При 38 %-ном содержании угнетают рост растений
Почва со временем может само очиститься	Нарушают влагообмен и «дыхание». Дegradiруют биоценоз	Трудно деградируются

Физико-химические свойства нефти. Органолептическая характеристика нефти:

- вязкая, маслянистая жидкость с характерным запахом,
- по цвету (зависит от растворенных в ней смол): темно-бурая, буро - зеленоватая, светлая, почти бесцветная,
- на свету слегка флуоресцирует: светится голубым или желто-бурым светом (используют при поиске нефти).

Характеристика физических свойств нефти:

1. Плотность (таблица 2). По плотности судят об углеводородном составе сырой нефти и нефтепродуктов: более высокая плотность указывает на большее содержание ароматических углеводородов, более низкая плотность - на большее содержание парафиновых углеводородов.

Таблица 2.

Классификация нефти в зависимости от плотности

Классификация нефти	Легкая	Средняя	Тяжелая	Очень
Относительная плотность	0,800-0,839	0,840-0,879	0,880-0,920	0,88
Плотность API, °API	36°-45,4°	29,5°-36°	22,3°-29,3°	Мен

Оригинальная классификация, отражающая химический состав нефти, предложена Грозненским нефтяным научно-исследовательским институтом (ГрозНИИ). В основу этой классификации положено преимущественное содержание в нефти какого-либо одного или нескольких классов углеводородов.

Класс нефти: Парафиновое; Парафино-промежуточное, Промежуточно-парафиновое; Промежуточное; Промежуточно-нафтенное; Нафтенно-промежуточное; Нафтенное.

Основание легкой части нефти для класса 1 и 2 – парафиновое, 3-5 – промежуточное и 6-7 – нафтенное.

Методы очистки почв от нефтезагрязнений.

На сегодня наибольшее распространение получили *механический* (способы: обволака загрязнений, замена почвы и откачка нефти в емкости, промывка почвы, сорбция нефти с поверхностного почвенного слоя), *физический* (основаны на использовании электрического тока: электрохимическая и электрокинетическая очистка, температуры), *химический* (основан на использовании растворов поверхностно-активных веществ, сильных окислителей, таких как активный кислород, хлор, щелочные растворы), *агротехнический* (основан на внесении удобрений), *биологический* (используют на третьем этапе рекультивации и основан на биовентиляции, биоремедиации и фиторемедиации) и *комбинированный* методы очистки почв от нефтезагрязнений.

Биопрепараты для очистки почв от нефтезагрязнений.

В процессе теоретических исследований изучено 29 биопрепаратов, предназначенных для очистки почв от нефтезагрязнений. В результате была выявлена определенная закономерность, на основе которых разработана классификация разделения биопрепаратов по классам (рисунок 2).

Если обратить внимание на действующее начала биопрепарата, то можно выделить группы, полученные на основе:

- бактерий (например: Эконадин, *Pseudomonas fluorescens*; НПП "ЭКОНАД" Украина), микромицет (например: Микромицет, Пеницилиум; Биолант г.Калининград) и смешанных (например: Деворойл) культур;
- моно- (например: Путидойл, *Pseudomonas putida*; ЗапСибНИГНИ, г. Тюмень), ди- (например: Родер, из двух активных штаммов рода *Rhodococcus*; ГосНИИнефть, г.Москва) и поликультуры (например: Девройл; из сообщества липофильных и гидрофильных дрожжей и бактерий; ИНМИ РАН, г. Москва);
- микробиологических культур (см.выше) и их ферментов (например: UNI-REM, Bio Tech Service, США; FyreZyme, Ecotech International, США).



Рисунок 2. Микроорганизмы-деструкторы углеводов

В целом следует отметить, что на сегодня, способных деградировать различные углеводороды, выделено примерно родов среди бактерий 20, дрожжей – 19 и микромицетов – 24 (рисунок 2).

На практике для производства биопрепаратов от нефтезагрязнений чаще всего пользуются «услугами» следующих родов микроорганизмов: *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Nostoc*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Stenotrophomonas*.

При разработке биопрепарата следует учитывать требования, предъявляемые к микроорганизму деструктору углеводов, они должны быть:

- 1) безопасными для природы;
- 2) хорошо изученными по биологическим (морфологии, физиологии, биохимии, генетике и экологии) и экологическим (биоресурсы и распространение) признакам;
- 3) эффективными в борьбе с нефтезагрязнениями;
- 4) устойчивыми к неблагоприятным факторам среды

Соблюдение этих требований позволяет при очистке от нефтезагрязнений:

- в первом случае, не оказывать вред окружающей природной среде и, в частности, не оказывать вред здоровью человека;

- во втором случае – иметь возможность локально контролировать развитие и распространение микроорганизмов биопрепарата в биорекультивируемой среде – грунте или водном объекте;

- в третьем случае – интенсифицировать процесс очистки от нефтезагрязнений, превосходить аборигенов по степени деструкции и

- в четвертом случае – обеспечить процесс очистки в экстремальных зонах по климатическим, техногенным и другим аспектам.

В дополнение необходимо отметить, что эффективность биопрепарата тем выше, чем больше вероятность выделения деструктора из зоны загрязнения вследствие того, что они к условиям непосредственного применения адаптированы, устойчивы к действию аборигенов микроорганизмов.

Коммерческие биопрепараты можно также разделить на три категории:

1) это биопрепараты в виде суспензии, пасты или порошка, представленные из моно- или поликультуры углеводородокисляющих микроорганизмов (например, Девройл, Родер);

2) это биопрепараты, культуры которых дополнительно иммобилизованы на материалах сорбционного для углеводородов характера (например, Родотрин, Лессорб);

3) это биопрепараты, состоящие не только из микроорганизмов-деструкторов углеводородов, но и из микроорганизмов продуцентов биосурфактантов, а также иные добавки, улучшающие эффект очистки (например, Ленойл СХП Дестройл).

Кроме того, выпускаются биопрепараты, одни из которых непосредственно занимаются деструкцией нефтезагрязнений (вышеперечисленные биопрепараты), другие – усиливают процесс разложения нефти (например, Путидойл).

Заключение Одним из экологичных способов восстановления нефтезагрязненных почв является биоремедиация почв, которую возможно осуществлять непосредственно в местах нахождения нефтезагрязненной почвы и восстановить её исходные качества, используя оптимизацию посредством либо биостимуляции, либо биодополнением.

В мировой практике при биоремедиации чаще всего используют биопрепараты на основе различных микроорганизмов, отличающихся повышенной способностью к биodeградации компонентов нефтей и нефтепродуктов (свойство у микроорганизмов обеспечивается специальными ферментными системами, осуществляющих катаболизм углеводорода).

Для разработки новых биопрепаратов необходимо соблюдать требования: их безопасность для природы; хорошо изучить по биологическим (морфологии, физиологии,

биохимии, генетике и экологии) и экологическим (биоресурсы и распространение) признакам; препараты должны быть эффективными в борьбе с нефтезагрязнениями; устойчивыми к неблагоприятным факторам среды.

Список литературы:

1. Добровольский, В.В. География почв с основами почвоведения: учеб. для вузов. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 384 с.
2. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда; отв. ред. С. В. Зонн. – М.: Наука, 1985. – 264 с.
3. Soil map of the European Communities, scale 1:1 000 000. Luxemburg: CEC (Commission of the European Communities) (DG VI) сейчас называется European Commission. 1985.
4. Blum W. E. H. The Challenge of soil protection in Europe / W. E. H. Blum // Environmental Conservation. 1990. Vol. 17. P. 72–74.

5. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2009. - 432с.
6. Голодяев Г. П. Биоремедиация нефтезагрязненных почв методом компостирования / Г. П. Голодяев, Н. М. Костенков, В. И. Ознобихин // Почвоведение. 2009. № 8. С. 996-1006.
7. Крец В.Г., Шадрина А.В. Основы нефтегазового дела. Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 200 с.
8. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для высших учебных заведений. Баку: Издательство «Баку Университет», 2009. - 660 с.
9. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. - М.: Изд-во РУДН, 2004. - 163 с.
10. Нефедова Т.Г. Экологическое состояние земельных ресурсов Казахстана. Алматы, 2011. URL: <https://articlekz.com/article/12978> (дата обращения: 04.09.2017.).
11. Тыныбаева Т.Г. Мониторинг загрязнения почв на газонефтяном месторождении Северные Бузачи (Казахстан). Автор. дисс. на соискание уч. степ. к.б.н. по спец. 03.00.16-Экология. М, 2007.
12. Сапаров А.С. Биологическая продуктивность почв Казахстана в условиях антропогенеза // Почвоведение и агрохимия. Алматы. 2008. - С. 17-18.
13. Киреева Н.А. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромицетов / Н.А. Киреева, Н.Ф. Галимзянова // Почвоведение, 1995.- №2,- с.211
14. Биопрепараты – деструкторы нефти и нефтепродуктов. URL: <http://npukk.ru/?q=node/252> (дата обращения 6.09.2017).
15. Биопрепараты – деструкторы нефти и нефтепродуктов. 2007 – 20017. URL: <http://gmo.jofo.me/514032.html> (дата обращения 6.09.2017).
16. Патент РФ № 2319541. Способ получения сорбента. Авторы: Назарько М. Д., Романова К. Н., Лобанов В. Г. и др. Дата публикации: 20.03.2008. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).
17. Патент РФ № 2378060. Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, способ его получения и применения. Филонов А. Е., Кошелева И. А., Самойленко В., А., Дата публикации: 10.01.2010. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).
18. Патент РФ № 2193533. Биопрепарат для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Чугунов В.А.; Холоденко В.П.; Ермоленко З.М. Дата публикации: 27.11.2002. URL: <http://ru-patent.info> (дата обращения 6.09.2017).
19. Биопрепараты для ликвидации загрязнений. URL: <http://www.studfiles.ru> (дата обращения 6.09.2017).
20. Патент РФ № 2428469. Биопрепарат для очистки почв и воды от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Рогозина Е. А., Орлова Н. Свечина Р. М. Дата публикации: 10.09.2011. URL: <http://www.findpatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).
21. Очистка почва, загрязненной нефтепродуктами. URL: http://www.vitusltd.ru/recult_oil.html?for_printing (дата обращения 6.09.2017).
22. Патент РФ № 2174496. Биопрепарат "родер" для очистки почв, почвогрунтов, пресных и минерализованных вод от нефти и нефтепродуктов. Мuryгина В.П., Войшвилло Н.Е.,

Калюжный С.В. Дата публикации: 10.10.2001. URL: <http://www.findpatent.ru/> (дата обращения 6.09.2017).