



УДК 504.062.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАДИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

EFFICIENCY'S RESEARCH OF MICROBIOLOGICAL PHASE OF OIL-CONTAMINATED SOIL'S RECULTIVATION

Адельфинская Екатерина Андреевна

студент,
Санкт-Петербургский государственный университет
adelfinskayakate19@gmail.com

Беляев Анатолий Михайлович

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры экологической геологии,
Санкт-Петербургский государственный университет
abel-7-777@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрен способ рекультивации нефтезагрязненных земель с помощью натурального сорбента – активированного удобрением торфа. Большое внимание уделяется оцениванию общего уровня фитотоксичности в трех типах почв на основании показателей всхожести (как в чистых, так и в загрязненных и очищенных образцах). Сделаны выводы об уменьшении всхожести тестовой культуры в загрязненной почве и ее резкого повышения после проведения рекультивации. По результатам эксперимента методика очищения активированным торфом призналась эффективной.

Ключевые слова: нефтезагрязнение, рекультивация, активированный торф, фитотоксичность, всхожесть.

Adelfinskaya Ekaterina Andreevna

Undergraduate student,
Saint Petersburg state university
adelfinskayakate19@gmail.com

Beliaev Anatoliy Michailovich

Candidate of Geologo-Mineralogical
Sciences, Associate Professor
at the department of ecological geology,
Saint Petersburg state university
abel-7-777@yandex.ru

Annotation. The article deals with the method of oil-polluted soil's remediation. Usage of natural sorbent – fertilized peat in three different types of soil was analyzed. The conclusion was made on the basis of an obtained indicator – germinating ability that shows a general level of phytotoxicity (in pure, contaminated and purified samples). It should be emphasized that decrease in germination of the test culture in contaminated soil and its boost after remediation was detected. Based on the results of the experiment, the cleansing method with the use of activated peat was recognized as effective.

Keywords: oil pollution, remediation, fertilized peat, phytotoxicity, germinating ability.

Введение

Основу экономики России составляет нефтегазовая промышленность. Российская Федерация является одним из мировых лидеров по объемам добычи и объему экспорта нефти. Несмотря на это, проблемы данной отрасли нельзя недооценивать.

Нефть является исчерпаемым природным ресурсом, который человек использует во время своей жизнедеятельности и в процессе труда. В современном мире на удовлетворение мировых потребностей в энергии на долю нефтяных очищенных продуктов приходится 60 %.

Основной проблемой данной отрасли с точки зрения экологии являются нефтяные разливы. Они относятся к техногенным катастрофам. При таких катастрофах разрушаются экосистемы, повышается токсичность воды и почвы, массово гибнут живые организмы. Территории, подвергшиеся авариям и ставшие зонами чрезвычайной экологической ситуации, непригодны для жизни из-за отрицательных изменений качества окружающей среды. Встает вопрос об устранении не только самого нефтяного пятна, но и последствий его распространения. В современном нефтепроизводстве преобладают синтетические продукты, и природная среда не обладает способностью к их быстрому разложению, а, порой, и разложению вообще. Иногда задача осложняется еще и суровыми климатическими условиями, которые замедляют биологические процессы разложения и восстановления.

Аварийные нефтяные разливы являются настолько губительными во многом из-за того, что оказывается не постепенное воздействие на окружающую среду, а мгновенная нагрузка на почвенные и водные экосистемы, которые не успевают бороться с губительным внешним воздействием и медленно погибают.

В целом, процесс загрязнения можно разделить на три этапа: образование поверхностного ареола загрязнения и незначительное проникновение компонентов отходов в грунтовую среду, вторая стадия – это вертикальная инфильтрация жидких компонентов, а третья – боковая миграция элементов с грунтовыми водами.

Часть разлитых углеводородов можно собрать механическим путем, но нефть не остается лишь на поверхности почвы и грунта, а просачивается глубже и вместе с грунтовыми водами может попа-



дать в бассейны рек и системы водоснабжения населения [1]. Таким образом, нефтяные разливы вредят не только природе, но и ставят под угрозу жизнедеятельность людей. Поэтому, для восстановления естественного состояния экосистемы недостаточно лишь механических методов, применяются физико-химические и биологические методы, основанные на использовании специализированных сорбционных материалов. Такие методы направлены на возобновление деятельности флоры и фауны, а также оптимизацию условий жизнедеятельности организмов.

Целью работы является экспериментальное исследование эффективности биологического этапа рекультивации нефтезагрязненных земель при помощи активированного торфа.

Научная новизна работы заключается в обосновании и доказательстве положения о том, что эффективность использования активированного комплексным удобрением торфа для очищения загрязненной почвы не зависит от механического состава почв и одинаково результативна в различных ее типах.

Перед началом исследования были поставлены следующие задачи:

- Пробоподготовка почв с Иреляхского нефтяного месторождения (Якутия).
- Активирование торфа комплексным удобрением.
- Проведение экспериментов по искусственному загрязнению почв нефтью и обработке их активированным торфом.
- Оценка снижения уровня фитотоксичности обработанных почв методами биондикации.

Рекультивация нефтезагрязненных земель с помощью торфа

Из-за ограниченности земельных ресурсов, возникает острая необходимость восстановления почвенного покрова с целью дальнейшего безопасного использования.

Рекультивация – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности земель, а также улучшение условий окружающей среды [1].

Рекультивация нефтезагрязненных земель является трудоемким процессом. Почва обладает возможностью активно аккумулировать загрязняющие вещества, но при этом ее способность к самоочищению ограничена. В зоне тайги и тундры данная проблема доставляет максимальное количество неудобств. Суровые климатические условия определяют медленный темп биологического круговорота веществ, что приводит к морфологическим и агрохимическим изменениям. Способность почвы к самоочищению в данных районах минимальна и биодеструкция нефти проходит в крайне замедленном темпе, что способствует возникновению потоков нефти, загрязняющих природные экосистемы на значительном расстоянии от места разлива.

В целом, выделяется два основных восстановительных этапа: технический, направленный на ликвидацию основного объема загрязнения механическими способами; биологический, направленный на восстановление растительных и животных сообществ в зоне экологической катастрофы.

На биологическом этапе применяются сорбционные материалы, которые поглощают нефть. В настоящее время применяются как сорбенты природного происхождения, так и синтетические. Основная задача таких веществ способствовать разложению нефтяных углеводородов на безопасные воду и углекислый газ. Те же функции выполняют грибы, бактерии и микроводоросли, но их активность в условиях угнетенного биоценоза недостаточна и эффективность незначительна [2].

Торф является сорбентом натурального происхождения, который способен изолировать нефтепродукты. Микрофлора торфяников, развивающаяся в условиях полуразрушенной органики, обладает сильной деструктивной активностью благодаря наличию углеродоокисляющих микроорганизмов и при попадании в среду, содержащую нефть, не требует длительной адаптации. Сорбционная емкость торфа по отношению к нефти зависит от степени разложения и составляет для верховых торфов 8–10, для низинных – 6–8 г нефти на 1 г абсолютно сухого вещества торфа. Сорбент может впитать в себя в 8–12 раз больше собственного веса. Более того, численность углеводородоокисляющих микроорганизмов в торфах в 4–5 раз превышает аналогичный показатель для почв [3]. После физико-химической активации торфа количество этих микроорганизмов возрастает в 20–100 раз. Поэтому использование активированного торфа для очистки нефтезагрязненных почв способствует их быстрому восстановлению. Для активации лучше всего подходит местный торф с внесением минеральных добавок, содержащих азот, фосфор и калий. Реабилитация нефтезагрязненных почв с использованием торфяных мелиорантов безупречна с экологической точки зрения и экономически выгодна. Одним из его плюсов является то, что данный сорбент может быть оставлен на месте как органическое удобрение, повышающее биопродуктивность почв, для последующего этапа фиторемедиации [1]. Абсорбент способен подавлять пары, что уменьшает опасность возгорания, и впитывает нефтяные углеводородороды не только из земли, но и из воды, поэтому может быть использован и на водной поверхности.

Исследования по изучению эффективности абсорбента на основе модифицированного азотно-фосфорно-калийным удобрением сфагнового мохового торфа показали, что при добавлении его в загрязненные почвы снижаются показатели токсичности и угнетение роста растений. Благодаря капиллярным свойствам торф впитывает нефть и изолирует ее от окружающей среды. Обычно это происходит в течение 2–4 недель, но время, необходимое для полной изоляции нефти, зависит от группы факторов и в связи с этим варьируется в широких пределах.



Воздействие на почву и фитотоксичность

Согласно Б.Г. Розанову, современное определение почвы звучит как: «Обладающая плодородием сложная полифункциональная открытая четырехфазная структурная система в поверхностной части коры выветривания горных пород, организмов, климата, рельефа и времени» [4]. Основным в этом определении с точки зрения экологии является то, что почва является открытой системой. Она формировалась при взаимодействии нескольких факторов. Это подтверждает то, что почва очень уязвимый компонент земной оболочки и повлиять на него, нарушить естественные функции, лишить плодородия очень легко.

Если в такую хрупкую систему попадет нефть, то замедлятся все естественные обменные процессы, так как нефть образует пленку вокруг почвенных частиц. Затруднится доступ и перемещение воды и кислорода, во многом он будет затрачиваться на окисление и разложение углеводов нефти [5]. Живые организмы будут погибать. В свою очередь это повлечет за собой снижение деструктивной способности и невозможность образования гумуса. Итогом будет являться деградация почвы, что может привести к опустыниванию.

Фитотоксичностью называется способность почвы подавлять рост, развитие и всхожесть высших растений в связи с наличием в почве загрязняющих веществ и токсинов. В данной работе фитотоксичность оценивается путем высадки тестовой культуры – щавеля. Проверяется его всхожесть в чистой, загрязненной и очищенной почве. На основе этого делаются выводы об эффективности работ по рекультивации с использованием активированного и неактивированного торфа.

Безопасным считается уровень содержания нефтяных углеводов почве не более 1 000 мг/кг. Именно ниже этого значения почва способна самоочищаться и с помощью гомеостаза возвращаться в устойчивое состояние благодаря деятельности микроорганизмов. В этом случае влияние на окружающую среду не является критичным.

Качество рекультивации нефтезагрязненных земель оценивается в течение двух лет по степени развития высеванных растений. Критерием является общее покрытие (зарастание) территории растениями, которое на второй год после посева должно быть не менее 62–70 %. После этого срока посеянные естественным путем травы постепенно замещаются аборигенной растительностью с формированием соответствующего зонального типа биогеоценоза.

Фактический материал и методы исследования

Повышение эффективности микробиологического этапа рекультивации нефтезагрязненных земель особенно актуально для северных регионов, в которых из-за короткого вегетационного периода скорость естественной деструкции нефти может продлиться более десяти лет.

На этапе биологической рекультивации в биодеградации нефти и нефтепродуктов участвуют микроскопические организмы: грибы, бактерии и микроводоросли, разлагающие загрязнитель. Для их активизации целесообразно использовать торф, который также содержит в себе микроорганизмы, способные окислять нефть.

С целью повышения эффективности мероприятий на микробиологическом этапе рекультивации нефтезагрязненных земель были использованы почвы, отобранные методом конверта в местах потенциальных разливов нефти на Иреляхском нефтяном месторождении вблизи города Мирный (Якутия) и нефть, пробоотбор которой тоже проводился на месторождении Иреляхское.

Для исследования было использовано три вида почв, чтобы проследить зависят ли сорбционные свойства торфа от их механического состава (табл. 1). Перед началом эксперимента пробы были предварительно высушены и измельчены до однородного состояния.

В ходе эксперимента произведена оценка воздействия торфа, предварительно активированного комплексным азотно-фосфорно-калийным удобрением, на снижение фитотоксичности почв, загрязненных нефтью. Торф, который использовался в ходе эксперимента, был куплен в магазине, на упаковке указано, что местом сбора является верховое болото. Это важно, так как такой торф обладает большей сорбционной емкостью. Одна его часть была активирована азотно-фосфорно-калиевым удобрением и оставлена на месяц для повышения биодеструктивных свойств аборигенных микроорганизмов.

Прежде чем начать работать с пробами была проверена всхожесть выбранной тестовой культуры (щавеля) в чистой почве, предназначенной для сельскохозяйственных нужд (60 %).

В образцы почвы, весом 150 г каждая, было посажено одинаковое количество семян, чтобы оценить всхожесть в зависимости от типа почвы. Результаты, приведенные в таблице (табл. 1), были оценены после трехнедельной выдержки.

Далее почвы были искусственно загрязнены нефтью. Уровень загрязнения был максимальным и одинаковым для каждой пробы (20 000 мг/кг или 3 000 мг на 150 г почвы). В загрязненные почвы была высажена тестовая культура для оценки фитотоксичности почвы (табл. 1).

Всхожесть, по сравнению с чистой почвой, снизилась на 35 % в среднем суглинке, на 40 % в легкой суглинке. В супеси ростков тестовой культуры не наблюдалось. Результаты были зафиксированы спустя 3 недели после высадки.

**Таблица 1** – Показатели всхожести в трех типах почвы в зависимости от уровня загрязнения

Тип почвы	Всхожесть в чистой почве, %	Всхожесть в загрязненной почве, %	Всхожесть в очищенной почве, %
1. Супесчаная подзолистая	20	0	7
2. Подзолистый средний суглинок	40	5	25
3. Подзолистый легкий суглинок	55	15	35

Далее, в пробы был добавлен торф. В одну часть почвы активированный, а во вторую неактивированный, по 40 грамм на 150 грамм загрязненной почвы.

Заметим, что после добавления торфа, необходимо, чтобы прошел некоторый период времени (в данном эксперименте – 2 недели), так как торф должен впитать и изолировать углеводородные соединения, тем самым очистив почву и восстановив естественные процессы ее функционирования. В связи с тем, что удаление торфа из почвы необязательно, тестовая культура была вновь высажена в образцы очищенной почвы.

Всхожесть в очищенной почве по сравнению с загрязненной возросла на 20 % в легком и среднем суглинках. В супеси процент всхожести с нулевого уровня вырос до 7 %. Результаты зафиксированы через 3 недели после высадки семян (диаграмма 1).

Диаграмма 1.

Процент всхожести семян тестовой культуры в зависимости от типа почвы и уровня загрязнения



Стоит упомянуть, что загрязненные почвы были смешаны и с не-активированным удобрением торфом. В образцах почвы, очищенных неактивированным торфом, появление ростков не наблюдалось. Неактивированного торфа, как и активированного, было добавлено в соответствии с соотношением почва/торф 4:1, а тестовая культура вновь была высажена через 2 недели. Спустя еще три недели ростки тестовой культуры не появились. Данный факт подтвердил, что для полноценного процесса рекультивации необходимо использовать активированный торф, а тестовую культуру для оценки фитотоксичности следует высаживать после более длительного периода, чтобы процесс изоляции нефти был завершен.

Заключение

В ходе выполнения описанной работы был проведен опыт, направленный на подтверждение эффективности рекультивации нефтезагрязненных земель при помощи активированного торфа.

В целом, опыты признаны успешными. После того, как пробы были подвержены максимальному уровню загрязнения (20 000 мг/кг), наблюдалось угнетение посаженной тестовой культуры, что свидетельствовало о непригодности почвы для жизни и являлось подтверждением выдвинутых в работе тезисов о негативном влиянии нефтяных углеводородов на почвенные экосистемы.

Предположения о действенности методов рекультивации почвы удобрениями на основе торфа подтвердились. Уровень всхожести, зафиксированный после работ по очистке, был ниже, чем в чистой почве, но значительно выше, чем в загрязненной.

Также подтверждается предположение об эффективности использования торфа, активированного удобрением. Он служит биостимулирующим сорбентом для микроорганизмов-деструкторов на биологическом этапе рекультивации.



Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Для биологического этапа рекультивации территорий нефтяных разливов весьма эффективно использование местного, активированного удобрениями торфа, добавление которого к сильно нефтезагрязненным почвам снижает уровень загрязнения в разы всего за несколько недель, что отражается в повышении показателя всхожести.

2. Рекультивация нефтезагрязненных почв, с применением активированного торфа, одинаково эффективна при деструкции загрязнения в различных механических типах почв.

3. Использование чистого неактивированного торфа в качестве сорбента на биологическом этапе рекультивации нефтезагрязненных почв не эффективно.

В заключении, отметим, что еще одним преимуществом такого натурального удобрения является легкость его использования – сорбент достаточно рассыпать на месте разлива, смешать с загрязненной почвой и оставить на некоторое время для достижения лучшего результата.

Литература:

1. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. – М. : Инфа-Инженерия, 2010. – 416 с.
2. Владимиров В.А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия. – М. : Центр стратегических исследований гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – 2014. – № 1. – С. 217–229.
3. Биодegradация нефти и нефтепродуктов в почве с использованием мелиорантов на основе активированного торфа / Т.И. Бурмистрова [и др.]. – Томск : Институт химии нефти, 2010. – № 1(9). – С. 5–12.
4. Почвоведение : учеб. для университетов. В 2 ч. / Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др.; под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – Ч. 1. Почва и почвообразование. – М. : Высш. шк., 1988. – 400 с.
5. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М. : Наука, 1988. – 254 с.

References:

1. Podavalov Y.A. Ecology of oil and gas production. – M. : Infa-Engineering Publ., 2010. – 416 p.
2. Vladimirov V.A. Oil spills: causes, scales, consequences. – M. : Center of strategic civil protection's researches of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergency situations and natural disaster response Publ, 2014. – № 1. – P. 217–229.
3. Biodegradation of petroleum and petroleum products with the use of ameliorants on the base of activated peat / T.I. Burmistrova [etc.]. – Tomsk : Institute of petroleum chemistry Publ., 2010. – № 1(9). – P. 5–12.
4. Soil science : textbook for universities. In 2 parts / G.D. Belicina, V.D. Vasilevskaya, L.A. Grishina and oth.; Under the edition V.A. Kovdi, B.G. Rozanova. – Part 1. Soil and soil formation. – M. : The highest school Publ., 1988. – 400 p.
5. Remediation of oil-contaminated soil ecosystems. – M. : Science Publ., 1988. – 254 p.