

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2022, Том 9, № 4 / 2022, Vol 9, No 4 <https://resources.today/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/12NZOR422.pdf>

DOI: 10.15862/12NZOR422 (<https://doi.org/10.15862/12NZOR422>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Подколзин, П. Л. Перспективные биологические методы очистки нефтезагрязненных почв / П. Л. Подколзин, Д. Е. Гладилин, Г. П. Тимофеев, В. В. Юшин // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/12NZOR422.pdf> DOI: 10.15862/12NZOR422

For citation:

Podkolzin P.L., Gladilin D.E., Timofeev G.P., Yushin V.V. Promising biological methods for treating oil-contaminated soils. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2022; 9(4): 12NZOR422. Available at: <https://resources.today/PDF/12NZOR422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/12NZOR422

Подколзин Павел Леонидович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Студент
E-mail: pawel.podkolzin1999@gmail.com

Гладилин Даниил Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Студент
E-mail: danya.gladilin.99@mail.ru

Тимофеев Геннадий Павлович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Доцент кафедры «Охраны труда и окружающей среды»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: w261286@yandex.ru

Юшин Василий Валерьевич

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия
Заведующий кафедрой «Охраны труда и окружающей среды»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: otios@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1391-4229>
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=488058

Перспективные биологические методы очистки нефтезагрязненных почв

Аннотация. Статья посвящена анализу перспективных методов очистки нефтезагрязненных почв. Рассмотрены основные уже зарекомендовавшие себя группы методов очистки нефтезагрязненных почв и приведены конкретные примеры. Была выявлена наиболее перспективная из используемых в настоящее время группа методов.

Авторами проведен анализ аварий, которые сопровождались аварийным разливом нефти или нефтепродукта, рассмотрены основные причины возникновения данных аварий и последствия для компонентов окружающей среды, на конкретных примерах реальных организаций. В ходе анализа установлено, что самые частые аварии происходят из-за отказа и разгерметизации устройств, а также ошибок персонала, выражающихся в нарушении требований промышленной безопасности и требований организации проведения опасных

работ. Представлен анализ основных методов очистки нефтезагрязненных почв, выявлены основные недостатки и негативное воздействие на компоненты окружающей среды. Основываясь на полученных данных, был выявлен наиболее перспективный метод обладающей наибольшей эффективностью и наименьшим воздействием на компоненты окружающей среды. Основными группами методов, используемыми для очистки загрязненной почвы, являются химические и биологические. Выявлено, что наиболее перспективной группой методов являются биологические методы, что связано минимальным воздействием на атмосферный воздух, а также высокой степенью очистки.

Кроме того, в статье рассмотрены современные методы биоремедиации и фиторемедиации. Рассмотренные методы основываются на использовании современных биопрепаратов и агротехнических приёмов. Данные методы основываются на комплексном подходе, что и обуславливает высокую эффективность. Однако стоит заметить, что для достижения высокой степени очистки необходимо поддержание определённых параметров почвы, таких как температура, влажность, кислотность и концентрация минеральных веществ.

Ключевые слова: окружающая среда; авария; разлив нефти; нефтезагрязнение; очистка; биологические методы; биоремедиация; фиторемедиация

Введение

В настоящее время нефтегазовое дело является основным источником добычи ископаемого топлива для различных нужд промышленности и населения. Стоит отметить, что Россия занимает лидирующее место по добыче полезных ископаемых, а именно нефти и газа, имеет хорошо развитую нефтегазовую инфраструктуру.

Изучая нефтегазовую промышленность, стоит отметить, что согласно ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»¹, все объекты нефтегазовой индустрии относятся к опасным производственным объектам, что в свою очередь предъявляет к ним повышенные требования в области: промышленной безопасности, экологической безопасности, пожарной безопасности, а также в охране труда рабочих.

Для наглядности рассмотрим статистику аварий на объектах нефтегазового комплекса в России, а также последствия, к которым они привели [1–3].

Сводная информация по авариям для удобства приведена на рисунке 1 [1].

Из анализа данных рисунка 1 следует, что ситуация по авариям на объектах нефтегазодобычи из года в год остается примерно на одном уровне. Невозможно выявить тенденцию к снижению или увеличению числа аварий. Стоит отметить, что в некоторые года (2016 г., 2018 г. и 2019 г.) общее количество аварий опускалось ниже 10 аварий за год, в остальные же года это значение всегда было больше.

При авариях на объектах нефтегазодобычи во всех рассматриваемых нами годах происходили следующие виды аварий: открытые фонтаны и выбросы, взрывы и пожары на объектах и аварии, связанные с разрушением технических устройств, разливом нефтесодержащей жидкости.

¹ Федеральный закон от 21.07.97 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

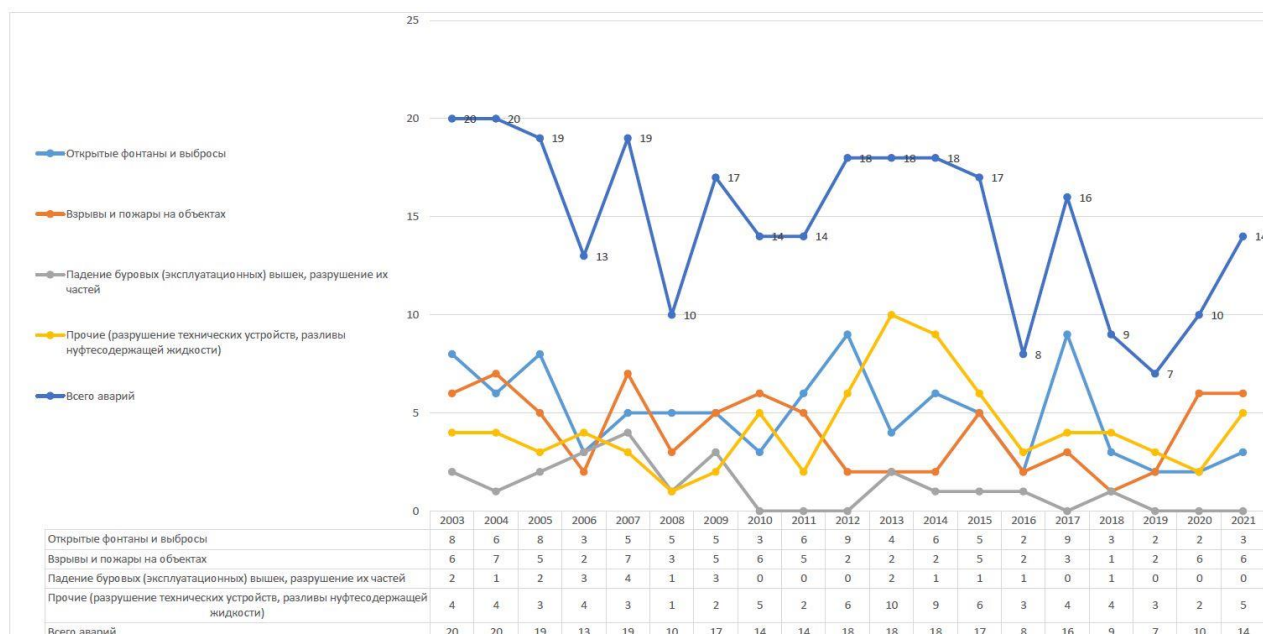


Рисунок 1. Распределение аварий по видам аварий на объектах нефтегазодобычи [1]

Из анализа данных ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору² следует, что основные причины за весь рассматриваем промежуток времени следующие:

- внутренние опасные факторы, связанные с разгерметизацией и разрушением технических устройств;
- ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства газоопасных, огневых и ремонтных работ, а также организации работ по обслуживанию оборудования.

Чтобы изучить масштаб аварий на объектах нефтегазового сектора, рассмотрим подробнее описание обстоятельств и причин крупных аварий за последние два отчетных года службы Ростехнадзора (2020–2021 гг.).

29 апреля 2020 г. на ОПО «Фонд скважин нефтяного месторождения имени А. Алабушина, эксплуатируемом ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», при проведении работ в соответствии с планом по освоению скважины, произошло газонефтеводопроявление с последующим возгоранием подъемного агрегата.

Причинами аварии явились:

- несогласованное отступление от плана работ по капитальному ремонту скважин;
- отсутствие контроля за уровнем жидкости в скважине;
- несвоевременная герметизация устья скважины при первых признаках газонефтеводопроявления;
- отсутствие производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;

² Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/.

- отсутствие вспомогательного пульта управления противовыбросовым оборудованием;
- отсутствие контроля со стороны заказчика работ.

12 августа 2020 г. на ОПО «Площадка дожимной насосной станции, эксплуатируемой АО «РН-Няганьнефтегаз», в результате разгерметизации шлангов передвижной замерной установки при проведении работ по сличению со стационарной установкой на ДНС-3 произошла утечка нефтесодержащей жидкости и ее возгорание из-за срыва бесконтрольного перемещения рукава высокого давления для подключения ТПУ по бугельному соединению. Полностью сгорела дожимная насосная станция.

Причинами аварии явились:

- монтаж рукавов высокого давления передвижной трубопоршневой «Прувер» — установки» работниками ОП АО «Нефтеавтоматика» с нарушением требований, установленных заводом-изготовителем;
- газоопасные работы по подключению ТПУ проводились без оформления наряда-допуска на проведение газоопасных работ при отсутствии лиц, ответственных за подготовку и проведение газоопасных работ.

24 февраля 2021 г. в ООО «КРС «Евразия» в ходе проведения работ по текущему ремонту скважины Имилорского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» при подготовке устья скважины к смене объема жидкости в скважине произошло газонефтеводопроявление, перешедшее в открытый фонтан, с последующим возгоранием.

Причины аварии:

- невыполнение требования плана ликвидации последствий аварии при первых признаках газонефтеводопроявления;
- отсутствие герметизации устья скважины при помощи противовыбросового оборудования;
- необеспечение контроля за соблюдением технологии и безопасным ведением работ по текущему ремонту скважин на опасном производственном объекте.

17 августа 2021 г. в ООО «ЯРГЕО» при производстве работ подрядной организацией внутри резервуара РВС-10000 м³ на опасном производственном объекте «Парк резервуарной площадки насосной станции» произошел взрыв внутри резервуара вертикального стального (РВС) с последующей разгерметизацией основания РВС и кратковременным внутренним горением.

Причины аварии:

- выполнение работ повышенной опасности без оформления наряд-допуска, без проведения инструктажа и получения разрешения на выполнение работ;
- не обеспечено присутствие на месте производства работ лица, ответственного за проведение работ повышенной опасности;
- не обеспечен контроль загазованности в месте производства работ;
- применение инструмента и оборудования без сертификатов, разрешений, паспортов и инструкций по эксплуатации; отсутствие должного производственного контроля на объекте [4–9].

Рассмотрев несколько примеров аварий, можно сделать вывод, что все они несут большой ущерб не только окружающей среде, а также здоровью и жизни людей. Рассмотрение примеров аварий, дало четко понять, что большинство из них связаны с нарушением мер промышленной безопасности. Только в 2021 году Ростехнадзором было проведено 2160 проверок ОПО по всей России, в ходе которых было выявлено 8217 нарушений.

Таким образом, из анализа все аварий и их причин можно сделать следующие выводы:

- открытые фонтаны и выбросы, взрывы и пожары на объектах и аварии, связанные с разрушением технических устройств, разливом нефтесодержащей жидкости происходят каждый год на объектах нефтегазодобычи и оказывают значительное негативное влияние на компоненты окружающей среды, по средствам загрязнения почвенного покрова;
- аварии, связанные с разливом нефти чаще всего заканчиваются ее возгоранием или взрывом, что приводит к серьезным последствиям;
- основной причиной аварий на объектах нефтегазодобычи является несоблюдение требований промышленной безопасности.

Материалы и методы

Аварии на объектах нефтегазодобычи источниками которых являются открытые фонтаны и выбросы нефтепродуктов оказывают значительное негативное влияние на компоненты окружающей среды, по средствам загрязнения почвенного покрова. Одним из основным этапом ликвидации данной группы аварий является обезвреживание почвы посредством снижения концентрации нефтепродукта в её составе, что стало причиной активной разработки и совершенствование технологий обезвреживания почв.

На данный момент для обезвреживания и утилизации нефти загрязненных веществ разработано значительное количество методик и средств, это химические, физические, физико-химические, биологические и термические методы.

Обезвреживание загрязненной нефтью или нефтепродуктом почвы с наибольшей эффективностью обеспечивают химически и биологически группы методов.

Основным химическим методами обезвреживания нефтезагрязненной почвы является сорбционный метод. Данный метод основывается на использовании сорбента в виде глауконитового песка.

Данный вид сорбента является универсальным в использовании, дешевым так как имеет природное происхождение и не имеет в своём составе токсичных примесей способных переходить в компоненты окружающей среды.

Реализация метода обезвреживания загрязненной почвы с применением сорбентов, подразумевает следующее воздействие на окружающую среду:

- происходит испарение легких углеводородов с поверхности грунтов;
- шумовое воздействие;
- загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания, результат работы двигателей внутреннего сгорания, используемых технических средств [10–15].

Гуминовые препараты используются для детоксикации загрязненных нефтью или нефтепродуктом почвы, с подвижными формами тяжелых металлов. Принцип действия данной группы препаратов заключается в образовании устойчивых нерастворимых соединений, инертных по отношению к компонентам окружающей среды.

Главным преимуществом гуминовых кислот является высокая реакционная способность с различными загрязнителями. Гуминовые соли и кислоты отличаются высокой сорбционной способностью, что обеспечивает ускоренную очистку загрязненной почвы от химических и биологических загрязнителей.

Биологический метод обезвреживания загрязненной нефтью или нефтепродуктом почвы заключается в добавлении микроорганизмов, которые вызывают биодеструкцию нефтяной фазы. Основным инструментом биологических методов являются биопрепараты и агротехнические приёмы, способствующие разрушению углеводородного компонента.

Биологические методы обезвреживания загрязненной нефтью или нефтепродуктом почвы подразделяются на биоремедиацию и фиторе-медиацию.

Во время реализации биологических методов воздействие на окружающую среду крайне не значительно и заключается лишь в загрязнении атмосферного воздуха испаряющимися веществами и продуктам горения возникающими в процессе работы двигателей внутреннего сгорания [16–21].

Обзор

В настоящее время активное развитие получили биологические методы обезвреживания нефтезагрязненных почв. Подтверждением этому является значительное количество патентов на различные биопрепараты и методы их применения.

Известен способ очистки и рекультивации нефтезагрязненных почв с использованием сорбента на основе цеолита. Сущность данного метода заключается во внесении в загрязненную почву цеолита природного происхождения, в котором содержится от 65–70 % клиноптилолита, размер фракции которого составляет от 1 до 3 мм. Доза внесения составляет 150 г/кг почвы и гуминового препарата. При использовании гуминового препарата на основе бурого угля, с содержанием гуминовых кислот не менее 73–82 %, доза внесения составляет 15 г/м² почвы.

Затем идет агротехнический этап, во время которого осуществляется рыхление почвы на глубину загрязнения. Для достижения наибольшей эффективности необходимо соблюдать ряд условий: влажность почвы должна находиться на уровне 60 %; температура воздуха окружающей среды не ниже +3°C; период рекультивации составляет 4–6 месяцев.

Данный способ обеспечивает снижение концентрации загрязнителя в почве 1 г/кг и возможность использования почвы в сельскохозяйственных целях.

Рекультивация нефтезагрязненной почвы возможна по средствам использования адсорбционно-окислительного способа. Данный способ заключается во внесении в загрязненную почву бентонитовой глины и инертного сорбента, так же в нефтезагрязненный грунт дополнительно вносят кислородное соединение³.

³ Пат. 2754448 Российская Федерация, МПК В09С 1/100 Способ очистки и рекультивации нефтезагрязненных почв / Овчинников А.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». — № 2021102276; заявл. 01.02.2021; опубл. 02.09.2021 Бюл. № 25. 7 с.: ил.

Бентонитовую глину вводят в виде водного геля, а ее литологическая структура содержит природный катализатор деструкции оксигенных соединений при следующем соотношении компонентов, % мас: исходный нефтезагрязненный грунт или нефтешлам — 40–99; водный гель бентонитовой глины — 0,5–30; оксигенное соединение — 0,5–15; инертный сорбент — 0–30.

Результатом является полная химическая окислительная деструкция загрязняющих углеводородных соединений, в результате чего исходный нефтезагрязненный грунт становится экологически безопасным и пригодным для развития природных биогеоценозов.

Ещё одним перспективным методом восстановления загрязненной нефтепродуктами почвы является внесение высокопористого адсорбента-мелиоранта, на основе пивной дробины и органического удобрения⁴.

Данный метод начинается с подготовительного этапа во время которого осуществляется внесение в почву раствора биофунгицида на основе *Bacillus* в пропорциях 4–6: 10 г/л на 1 м² обрабатываемой поверхности.

Следующий этап начинается через 2 часа, во время которого в подготовленную почву вносится смесь адсорбента-мелиоранта и медленно высвобождающегося органического удобрения в пропорциях 1–1,5:1, с последующим рыхлением почвы на глубину от 25 до 30 см и орошением поверхности.

Эффективность данного способа при низкой загрязнённости нефтепродуктом составляет от 75 до 91 %, при высокой степени загрязнения от 57 до 79 %. Благодаря добавления в очищаемую почву отходов пивоварения происходит увеличение скорости очистки в 1,5 раза.

Способ позволяет повысить биологическую активность почвы, увеличить содержание в ней полезных химических веществ, улучшить структуру и водопроницаемость и повысить эффективность очистки почвы.

Очистка загрязненной углеводородами почвы по средствам фиторемедиации, заключается в посеве на загрязненном участке растений-фиторемедиантов с последующим применением суспензии препарата, содержащего микроорганизмы-деструкторы углеводородов, а также стимулирующие рост растений, что обеспечивает ускорение очистки почвы от нефтезагрязнения [17].

В рассматриваемом методе фиторемедиации для посева используются семена люцерны посевной *Medicago sativa* или пшеницы озимой *Triticum durum* и суспензию, содержащую клетки штампа *Rhodococcus erythropolis* ВКМ.

Применение данного метода позволяет очищать на 67 % более загрязненную почву нефтепродуктами по сравнению с традиционными методами. Также значительным преимуществом является отсутствие необходимости предварительного внесения минеральных удобрений, в результате чего снижаются финансовые затраты и период очистки.

Для увеличения вероятности выживаемости и снижения стрессового воздействия нефти на растение-фиторемедианта, по средствам улучшения их питания и аэрации необходимо использование микробных препаратов для защиты растений. Низкая выживаемость растений в

⁴ Пат. 2744375 Российская Федерация, МПК В09С 1/08 Адсорбционно-окислительный способ рекультивации нефтезагрязненных природных грунтов и техногенных нефтешламов / Ветюгов А.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Бентонит». — № 2020127804; заявил. 20.08.2020; опубл. 09.03.2021 Бюл. № 7. 9 с.: ил.

нефтезагрязненных почвах обусловлена образованием нефтяной пленки на поверхности корней.

Микробный препарат для защиты растений, произрастающих на нефтезагрязненных почвах, содержащий суспензию клеток микроорганизма, имеющую свойства повышения биологических показателей интактных растений, одновременно нефтеразрушающих, фитозащитных и ростостимулирующих, отличающийся тем, что в качестве ростостимулирующего микроорганизма в составе суспензии он содержит *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2784D, в виде суспензии⁵.

Данный препарат позволяет обеспечить полную выживаемость растений-фиторемедиантов, так как он препятствует образованию пленки на поверхности корня растения, а также стимулирует развитие корневых волосков. В результате чего у растения формируется корневая система идентичная корневой системе растения, выращенного в не загрязненной почве.

Выводы

Статистические данные показывают, что результатом преобладающего числа аварий на объектах нефтяной промышленности являются открытые фонтаны и выбросы, а также взрывы и пожары. Основными причинами которых являются: отказ и разгерметизация технических устройств; ошибки и некомпетентность персонала.

Наиболее перспективными и безопасными для компонентов окружающей среды являются биологические методы очистки загрязненной почвы. Но не смотря на многочисленные преимущества использование данные методов ограничивается рядом факторов, таких как: температура окружающей среды, кислотность почвы и аэробные условия.

Однако преимущества данной группы методов крайне высокою Основными преимуществами являются: минимальное воздействие на компоненты окружающей среды; минимальное количество необходимых технических средств, незначительные финансовые затраты.

Достижение полного обезвреживания нефтезагрязненной почвы возможно исключительно в случае реализации комплексного подхода, который будет включать в себя реализацию двух основных этапов. На первом этапе осуществляется подготовка загрязненной почвы к внесению биопрепарата, данная подготовка заключается в создании оптимальных условий для жизнедеятельности бактерий. Затем в подготовленную почву вносят приготовленный биопрепарат, на данном этапе начинается очистка почвы. На протяжении всего этапа очистки биопрепаратам осуществляются агротехнические. Второй заключительный

⁵ Пат. 2738482 Российская Федерация, МПК В09С 1/10 Способ рекультивации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / Смирнов Ю.Д.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербурга горный университет». — № 2020121324; заявл. 20.06.2020; опубл. 14.12.2021 Бюл. № 35. 12 с.: ил.

Пат. 2618096 Российская Федерация, МПК В09С 1/00 Способ фиторемедиации почвы, загрязненной углеводородами, и применение штамма микроорганизма *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017Д в качестве стимулятора роста растений / Отрошко Д.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «КубГУ». — № 2016122777; заявл. 08.06.2016; опубл. 02.05.2017 Бюл. № 16. 9 с.: ил.

Пат. 2744094 Российская Федерация, МПК А01N 63/20 Микробный препарат для защиты растений, произрастающих на нефтезагрязненных почвах / Третьякова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБУН «Сибирский институт физиологии и биохимии растений». — № 2020124773; заявл. 16.07.2020; опубл. 02.03.2021 Бюл. № 7. 15 с.: ил.

этап, состоит из сева растений-фиторемедиантов с последующим внесением средств защиты растений. Комплексный подход реализации биологических методов обеспечит наибольшую эффективность обезвреживания нефтезагрязненной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короткова, Т.Г. Статистика и причины аварий на объектах нефтегазодобычи / Т.Г. Короткова, К.С. Боженова // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2019. — № 1. — С. 115–127.
2. Доньи Д.А. Воздействие нефтедобычи на окружающую среду // Молодой ученый. 2014. № 19. С. 298–299.
3. Некрасова А.А., Привалов Д.М., Попова О.С. и др. Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Политематический сетевой электрон. науч. журн. КГАУ, 2017. № 125. С. 309–318.
4. Богоявленский В.И. Чрезвычайные ситуации при освоении ресурсов нефти и газа в Арктике и Мировом океане // Арктика: Экология и экономика, 2014. № 4(16). С. 48–59.
5. Журавлев А.В., Холодова С.Н., Рудиков Д.А., Факторы и причины возникновения и развития аварий на объектах нефтепродуктообеспечения // Безопасность техногенных и природных систем, 2019. № 1. С. 28–32.
6. Хасанова А.Р., Харрасов Б.Г., Садреева К.К., нормативно-правовые основы экологической безопасности на нефтегазовых объектах // Транспорт и хранение нефтепродуктов, 2019. № 3. С. 46–47.
7. Чибилёв А.А., Мячина К.В. Геоэкологические последствия нефтегазодобычи в Оренбургской области» — ИСтепи УрО РАН, 2007 г.
8. Соромотин А.В. Экологические последствия различных этапов освоения нефтегазовых месторождений в таежной зоне Тюменской области // Сибирский экологический журнал, 2001. № 6. С. 813–822.
9. Подколзин, П.Л. Обзор аварий на объектах нефтегазодобычи / П.Л. Подколзин, Д.Е. Гладилин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых — 2022: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 103–106.
10. Подколзин, П.Л. Биологические методы очистки почвы от нефтезагрязнений / П.Л. Подколзин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых — 2022: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 101–103.
11. Hamlat, M.S.; Kadi, H.; Fellag, H. Precipitate containing NORM in the oil industry: modelling and laboratory experiments. Applied Radiation and Isotopes, 59: 93–99, 2003.

12. Богоявленский В.И., Перекалин С.О., Бойчук В.М., Богоявленский И.В., Каргина Т.Н. Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий // Арктика: Экология и экономика, 2017. № 1(25). С. 32–46.
13. Идрисов Р.Х. Повышение безопасности объектов нефтедобычи совершенствованием технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов [Текст]: / Р.Х. Идрисов // Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет — 2016. — С. 56–61.
14. Богданова И.В. Методы утилизации и обезвреживания нефтесодержащих грунтов [Текст]: / И.В. Богданова // Самара: ООО "СамараНИПИнефть" — 2019. — С. 45–48.
15. Рящина А.Д. Анализ современных методов обезвреживания нефтешламов [Текст]: / А.Д. Рящина // Общество с ограниченной ответственностью "Логика+" — 2020. — С. 59–66.
16. Калинина Е.В. Методы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов нефтеперерабатывающих предприятий [Текст]: / Е.В. Калинина // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — Пермский национальный исследовательский политехнический университет. — 2018. — С. 74–77.
17. Осташ, С.В. Применение фитоиндикации в дистанционной диагностике нарушенных и нефтезагрязненных территорий / С.В. Осташ, В.С. Кушеева, Е.А. Бахтина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2020. — № 3(294). — С. 60–64.
18. Санатуллова, З.Т. Очистка водных сред от нефти и нефтепродуктов отходами переработки шерсти / З.Т. Санатуллова, И.Г. Шайхиев // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2022. — № 1(304). — С. 36–41.
19. Третьяк О.С. Утилизация нефтесодержащих отходов с использованием ресурсосберегающей биореакторной технологии [Текст]: / О.С. Третьяк // — 2021. — С. 158–162.
20. Мокочунина, Т.В. Правила применения диспергентов для ликвидации аварийных разливов нефти в морских акваториях Российской Федерации / Т.В. Мокочунина, К. Осипов, Т.А. Марютина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2021. — № 3(300). — С. 38–44.
21. Драгунов А.Ф. Биоремедиация загрязненных почв [Текст]: / А.Ф. Драгунов, М.В. Васина // Актуальные вопросы энергетики — 2021. — С. 154–158.

Podkolzin Pavel Leonidovich

Southwest State University, Kursk, Russia
E-mail: pawel.podkolzin1999@gmail.com

Gladilin Daniil Evgen'evich

Southwest State University, Kursk, Russia
E-mail: danya.gladilin.99@mail.ru

Timofeev Gennadi Pavlovich

Southwest State University, Kursk, Russia
E-mail: w261286@yandex.ru

Yushin Vasily Valer'evich

Southwest State University, Kursk, Russia
E-mail: otios@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1391-4229>

RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=488058

Promising biological methods for treating oil-contaminated soils

Abstract. The article analyses promising methods for treatment of oil-contaminated soils. The main tried and tested groups of oil-contaminated soil treatment methods are reviewed and concrete examples are given. The most promising group of currently used methods has been identified.

The authors performed an analysis of accidents accompanied by an accidental oil or oil product spill, considered the main causes of such accidents and their consequences for the environment components using concrete examples of real organizations. The analysis established that the most frequent accidents are caused by failure and depressurization of devices as well as by human errors expressed in the violation of industrial safety requirements and the requirements of the organization of hazardous works. The analysis of the main methods of oil-contaminated soil treatment is presented, the main drawbacks and the negative impact on the environment components are identified. Based on the obtained data, the most promising method with the highest efficiency and the least impact on the components of the environment has been identified. The main groups of methods used to clean the contaminated soil are chemical and biological methods. It is revealed that the most promising group of methods are biological methods, which is associated with a minimal impact on the atmospheric air, as well as a high degree of purification.

In addition, modern bioremediation and phytoremediation methods are considered in the article. The considered methods are based on the use of modern biopreparations and agrotechnical methods. These methods are based on an integrated approach, which leads to high efficiency. However, it should be noted that a high degree of treatment requires the maintenance of certain soil parameters such as temperature, moisture, acidity and mineral matter concentration.

Keywords: environment; accident; oil spill; oil pollution; clean-up; biological methods; bioremediation; phytoremediation