

Патентный обзор способов рекультивации земель, загрязненных нефтяными углеводородами

Альберт Исмагилович УСМАНОВ^{1*}

Наталья Юрьевна АНТОНИНОВА^{1,2**}

Вероника Алексеевна УСМАНОВА^{1***}

Александр Викторович ГОРБУНОВ^{2****}

¹Институт горного дела УрО РАН, Екатеринбург, Россия

²Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Актуальность работы. В процессе добычи, транспортировки и хранения нефтяных углеводородов очень часто происходят внештатные ситуации, в результате чего нефть загрязняет большие площади земель. Такие земли теряют свои исходные физико-химические и биологические свойства, на естественное восстановление которых может уйти не одно десятилетие. В связи с этим актуальными являются исследования по биологическому этапу рекультивации нефтезагрязненных земель.

Методология проведения работы. Для понимания современного уровня развития науки и техники в работе проанализированы патенты из российских и международных баз данных по способам реабилитации нефтезагрязненных земель.

Результаты работы. В результате анализа выяснилось, что первые изобретения датируются 1980-ми годами и продолжают в настоящее время. После изучения более ста патентов выяснилось, что основное количество разработок делится на способы рекультивации и биоремедиации нефтезагрязненных земель, на сорбенты/мелиоранты, способные сорбировать свободную нефть из почвы с возможностью ее дальнейшей биологической деструкции и без нее, а также бактериальные препараты, на которые существуют как самостоятельные патенты, так и в комплексе со способами рекультивации и сорбентами-мелиорантами. Кроме того, многими исследованиями предлагаются способы активации аборигенной микрофлоры при помощи различных мелиоративных приемов и высадки азотофиксирующих растений-сидератов, устойчивых к нефтяным загрязнениям.

Выводы. Более 60 % патентов были опубликованы за последнее десятилетие. Основная часть разработок приходится на лидера по нефтедобыче с протяженной сетью нефтепроводов – Россию (67 %), затем идут Китай (11 %), Беларусь (6 %), США (4 %), Южная Корея (4 %) и др. (3 %).

Ключевые слова: способ, сорбент, мелиорант, нефть, нефтепродукты, торф, рекультивация, деструкция, сорбция, нейтрализация, реабилитация, углеводороды, нефтеемкость, биоремедиация, микроорганизмы.

Введение

В процессе интенсивного развития нефтегазовой промышленности неизбежно увеличиваются объемы нефтяных углеводородов, попадающих в окружающую среду в результате чрезвычайных происшествий.

К настоящему времени довольно подробно изучены негативные влияния на процессы, происходящие в почвенной экосистеме под воздействием нефтяного загрязнения. В качестве основных негативных факторов выделяют следующие: увеличение гидрофобности, нарушение почвенного дыхания, фотосинтетической и микробиологической активности. Под негативным воздействием почвенная экосистема может находиться не одно десятилетие


из-за сложности биodeградации тяжелых фракций нефти. Поэтому актуальным по сегодняшний день остается вопрос эффективной и недорогостоящей рекультивации земель, подверженных негативному воздействию нефти.

В связи с этим целью данного патентного обзора является установление современного уровня развития науки и техники в направлении способов рекультивации и биоремедиации нефтезагрязненных земель.

Методы исследования

Патентные исследования осуществлялись в патентных базах федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФИПС), <https://www.fips.ru>, Роспатент

✉ albert3179@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3650-0467>

** natal78@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8503-639X>

*** vnika196@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-1942-2050>

**** alexgorbunov72@mail.ru

(<https://searchplatform.rospatent.gov.ru/patents>), Яндекс Патент (<https://yandex.ru/patents>), бюро по патентным и товарным знакам США (USPTO), <https://www.uspto.gov>, Европейского патентного бюро (ЕРО), <https://www.epo.org/>, Корейской информационной службы по правам интеллектуальной собственности (KIPRIS), <http://eng.kipris.or.kr/enghome/main.jsp>, Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO), <https://www.wipo.int>, базе патентов Беларуси (<https://by.patents.su/>) и др.

В работе были использованы общенаучные методы, такие как диалектический, аналитический, синтеза, сравнения, группировки, а также системный и эмпирический подходы.

В процессе патентного поиска для подробного анализа было отобрано 109 патентов на изобретения из таких стран, как Российская Федерация и Советский Союз, Китай, Беларусь, США, Южная Корея, Канада, Казахстан, Япония, Румыния и др.

В соответствии с проведенным патентным анализом выявлены изобретения в области знаний «Способ получения сорбента/мелиоранта для очистки нефтезагрязненных земель», соответствующие международному патентному классификатору (МПК): В09С 1/00, В09С 1/08, В09В 3/00, С05F 11/02, С05D 9/02, С05G 3/80, В01J 20/18, В01J 20/26, В01J 20/30, А01В 79/02.

Результаты и обсуждения

Первые разработки, касающиеся вопроса рекультивации нефтезагрязненных почв с использованием различных материалов, зарегистрированные как патенты на изобретения, датируются концом XX в. и продолжают по настоящее время, а именно в 1983 г. в секторе микробиологии Академии наук СССР зарегистрирован способ рекультивации нефтезагрязненных почв [1], техническая сущность которого заключается в том, что в нефтезагрязненную почву добавляют удобрения, рыхлят и увлажняют ее, после чего в почву вносят биопрепарат, состоящий из гребней и выжимок винограда с культурой углеводородокисляющих дрожжей рода *Candida*.

Исследования проводятся представителями различных стран, но основной их объем приходится на Россию как на одного из лидеров нефтегазовой промышленности с развитой нефтегазовой инфраструктурой (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что основной объем разработок приходится на Россию (67 %), затем идут Китай (11 %), Беларусь (6 %), Южная Корея (4 %), США (3 %) и другие страны (3 %).

В 1991 г., спустя восемь лет после первой разработки, в СССР, в Институте экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Академии наук, также был разработан способ рекультивации, заключающийся в ускорении процесса восстановления техногенных земель за счет вспашки нефтезагрязненной почвы и внесения пивных отработанных дрожжей в концентрации 5–10 % на толщину пахотного слоя [2].

А в США в 1992 г. был разработан беспочвенный способ рекультивации нарушенных территорий, предлагающий использовать в качестве сырья для рекультивации различные отходы, а именно: известковый шлам, угольную золу, древесную золу, измельченные бетонные отхо-

ды с заводов по производству готовых бетонных смесей. Смесь перечисленных материалов наносится на рекультивируемый участок земли и поверх них накладывается компост из дворовых отходов. По мнению авторов, данный способ может эффективно снижать степень загрязнения земель и экономически выгоден, так как при этом способе используются отходы [3].

В 1996 г., уже в Беларуси, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, ныне Институт природопользования НАН Беларуси, совместно с Государственным научно-исследовательским и проектным институтом нефтяной и газовой промышленности и Государственным научно-производственным малым предприятием «ЭкоТех» публикует три изобретения [4–6], в которых раскрыта техническая сущность составов для нейтрализации нефтяного загрязнения почв. В основе предложенных материалов лежит торф и композиции на его основе, включающие дополнительно карбонатный сапропель, полиэтилгидросилоксановую жидкость ГКЖ-94. Кроме того, торф предлагается модифицировать диоксидом углерода с целью увеличения скорости поглощения нефтяных углеводородов и устойчивости на водной поверхности.

С 1997 г. и до конца 1990-х гг. изобретателями из России и Беларуси было запатентовано несколько технических решений, таких как в работе [7], где в качестве сорбента используется фрезерный торф, спрессованный в брикеты под давлением 14,0–15,0 МПа, обработанный гидрофобными агентами при термической обработке 250–280 °С без доступа воздуха до влажности 2,5–10 %.

Также с 1997 г. более активно начинают появляться разработки, связанные с использованием микроорганизмов. Например, авторы работы [8] предлагают иммобилизовать микроорганизмы-деструкторы рода *Rhodococcus* на носителе, в качестве которого выступает торф. Иммобилизацию микроорганизмов предлагается проводить непосредственно на месте загрязнения почвы, что, по мнению авторов данного изобретения, позволит эффективно

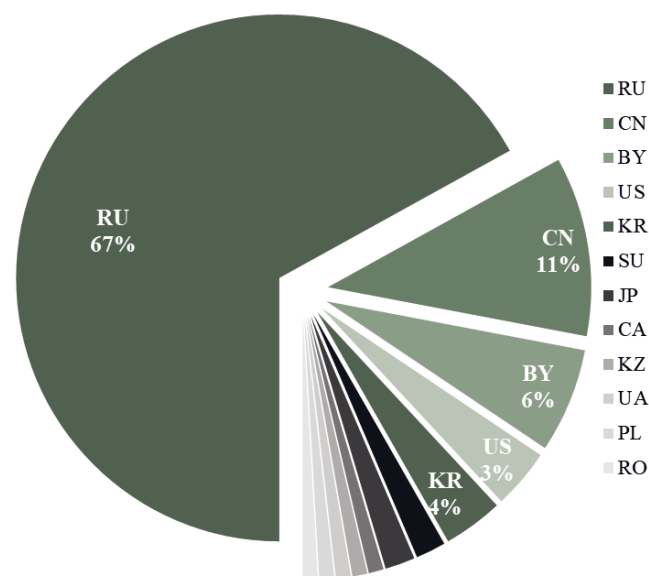


Рисунок 1. Распределение патентов на изобретения по странам
Figure 1. Distribution of patents for inventions by country

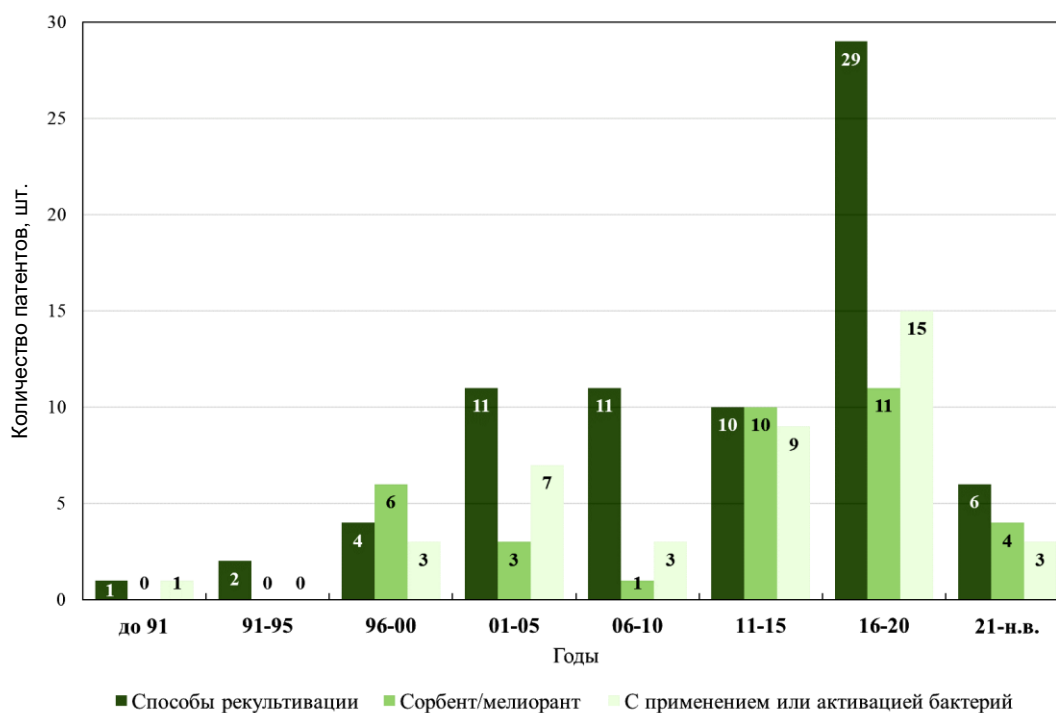


Рисунок 2. Распределение патентов по годам
Figure 2. Distribution of patents by year

боротся с разливами углеводородов нефти и удешевить процесс рекультивации.

Одним из самых популярных материалов, реализованных в способах рекультивации и композиций, является торф. Исключением не стала и работа [9], в которой предлагается использовать его в качестве сорбента. Торф вносят в нефтезагрязненную почву, после чего в качестве мелиоранта используют высокократную механическую пену в количестве 0,1–0,5 м³ на 1 м², содержащую кислород в количестве от 30 до 100 об. %, что в результате способствует снижению гидрофобности почв и улучшению их физико-химических свойств.

В работе [10] утверждается, что эффективно для очистки нефтемаслосагрязнений можно использовать сорбент из негашеной извести и ПАВ, где в качестве ПАВ используется животный технический жир в количестве 0,4–3 мас. %.

В 1998 г. авторами [11] снова предлагается сорбент на основе термически обработанного фрезерного торфа с размером фракций от 0,5 до 2,5 мм. Торф также используют в системах рекультивации поверхностей неосушенных торфяных болот [12, 13].

Проанализировав опыт разработок XX в., можно подразделить все разработки на три типа:

- способы рекультивации нефтезагрязненных земель;
- сорбенты/мелиоранты (как композиционные составы, так и моносоставы), обладающие сорбционной емкостью по отношению к углеводородам и способностью к нефтедеструкции;
- бактериальные препараты, которые применяются как самостоятельно, так и в композиции совместно со способами рекультивации и сорбентами/мелиорантами.

Из рис. 2 видно, что с течением времени увеличивается количество разработок, наибольший пик активности начинается в 2016 г. и продолжается до 2020 г.

Основное количество разработок патентуется на способы рекультивации (≈ 68 %). Наиболее вероятная причина, по которой большое количество разработок патентуется как способ рекультивации, связана с тем, что в данном случае можно использовать большое количество материалов, как правило, отходов, которые находятся в непосредственной близости от места загрязнения. Также исходные материалы можно комбинировать по времени внесения, способу нанесения (нанесение на поверхность, перемешивание с верхним слоем почвы, перемешивание исходных материалов между собой и (или) с верхним слоем почвы и т. д.), с применением сорбентов/мелиорантов и (или) бактериальных препаратов и др.

Если рассмотреть количество разработок в контексте их классификации по странам и способам применения, то лидирующие позиции также занимает Россия (рис. 3), где примерно поровну запатентовано количество сорбентов/мелиорантов и бактериальных препаратов, но основное количество приходится также на способы рекультивации. Следующим идет Китай, где количество способов преобладает над бактериальными препаратами, а сорбенты/мелиоранты практически отсутствуют. Аналогичная ситуация сложилась в США и Южной Корее. И только лишь в Беларуси количество разработанных сорбентов/мелиорантов превышает количество способов рекультивации нефтезагрязненных земель.

С начала 2000-х гг., как уже говорилось ранее, продолжается активное внедрение бактериальных препаратов [14] в процесс рекультивации. Также актуальным направлением становится процесс активации аборигенной [15, 16] угле-

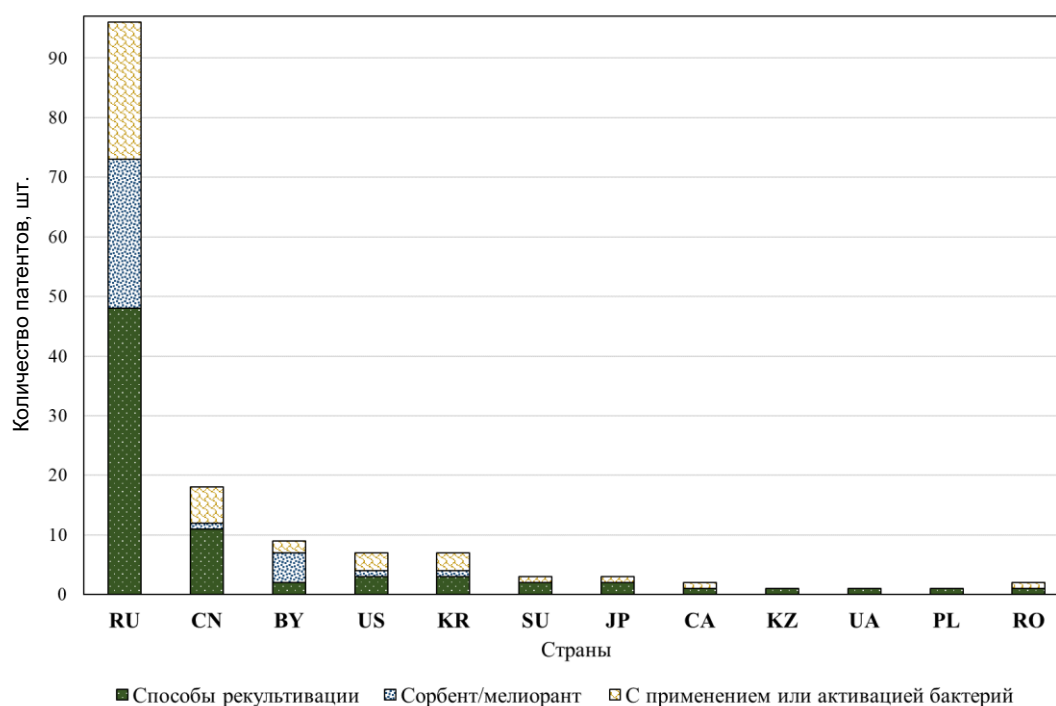


Рисунок 3. Распределение патентов по странам и способам рекультивации
Figure 3. Distribution of patents by country and reclamation methods

водородоокисляющей микрофлоры, как российскими, так и зарубежными изобретателями [17–20]. Бактериальные препараты способны самостоятельно разрушать углеводороды нефти при низкой степени загрязнения почв (при степени загрязнения до 10 г/г). Для эффективной нефтедеструкции процесс внесения микроорганизмов или активация аборигенной микрофлоры сопровождается вспашкой загрязненной почвы с внесением минеральных удобрений и увеличением содержания органического вещества. Например, авторами [15] установлено увеличение концентрации аборигенной микрофлоры в месте загрязнения углеводородами после добавления азотных и фосфорных удобрений и поддержание их концентрации не менее чем в 0,01 г/кг сухой почвы.

Среди нефтеокисляющих микроорганизмов выделяют следующие роды: *Candida* [1], *Rhodococcus* [8, 13, 17, 20–25], *Pseudomonas* [18, 20–22, 26–32], *Acinetobacter* [17–19, 21, 23], *Gordonia* [17], *Phenylobacterium*, *Stenotrophomonas*, *Gluconobacter*, *Agrobacterium*, *Vibrio*, *Micrococcus* [18, 33], *Bacillus* [24, 29, 32, 34, 35], *Cephalophora* [29], *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Azotobacter* [30], *Burkholderia*, *Serratia* [24], *Yarrowia* [20, 22], *Sporocytophaga*, *Clostridium*, *Cellulomonas* [36], *Caenorhabditis* [37], *Alcaligenes*, *Microbacterium* [38], *Phanerochaete* [33, 35], *Rhodobacter*, *Verticillium*, *Alcanivorax* [39], *Exiguobacterium*, *Arthrobacte* [24].

Углеводородоокисляющие микроорганизмы способны эффективно работать при температуре окружающей среды от +10 °C до +30 °C, при понижении температуры эффективность нефтедеструкции с использованием микроорганизмов стремится к нулю, как и при превышении данного диапазона. Но в настоящее время разработан штамм микроорганизмов *Vacillus cereus* 3 K, способный эффективно выполнять свои функции в условиях Крайнего Севера при известковании и добавлении минераль-

ных удобрений [34], но в работе отсутствует диапазон температур, при которых данный способ эффективен.

Важным фактором приживаемости и распространения микроорганизмов является внесение азотно-фосфорно-калийных удобрений при рекультивации нефтезагрязненных земель [40–42]. Применение минеральных удобрений повышает процент приживаемости растений-сидератов, которые способствуют развитию углеводородоокисляющих микроорганизмов [29, 41, 43–45]. Из ризосферы данных растений в дальнейшем возможно выделение микроорганизмов для производства бактериальных препаратов.

Растения подбирают с учетом зонально-географических условий [16, 28]. Важным условием также является распространенность на территории применения, устойчивость к нефтяному загрязнению и возможность фиксировать азот в почве. Наиболее распространенные растения, используемые при рекультивации, перечислены в табл. 1.

Авторы разработок отмечают, что важным фактором при выборе растений является их биомасса. Причем подземная их часть должна составлять не менее 71,8 г/м² в пересчете на сухой вес или 143,6 г/м² сырого веса [43].

Высадка растений способствует образованию дернового слоя и является индикатором восстановительных процессов в почве. Растения, как правило, не применяются самостоятельно, а только в комплексе со способами восстановления различных техногенных почв. Это связано с тем, что даже для устойчивых сорняковых культур необходимы условия для прорастания и развития.

Это может быть смешение различных природных материалов, отходов производства с верхним нефтезагрязненным слоем почвы на глубину от 10 до 40 см [1, 2, 13, 22, 29, 40, 50–54].

Таблица 1. Виды трав и норма высева на рекультивируемой территории [2, 13, 16, 20, 25, 28–30, 33, 38, 41–49]
Table 1. Grass types and seeding rates on the reclaimed area [2, 13, 16, 20, 25, 28–30, 33, 38, 41–49]

Виды растений	Норма высева, кг/га	Виды растений	Норма высева, кг/га
Клевер белый	10–12	Пырей бескорневищный	38
Клевер красный	19–20	Пырей сизый	25
Костер безостый	35–38	Овсяница красная	28–31
Донник	30–31	Овсяница луговая	29–31
Люцерна желтая	15–18	Рейграс пастбищный	31–35
Эспарцет песчаный	75	Тимофеевка луговая	15–18
Волоснец сибирский	23–25	Мятлик луговой	19–25
Житник гребенчатый	23–25	Полевица белая	14–19
Регенрия волокнистая	44	Ежа сборная	18–19
Овес	200	Клевер открытозевовый	25–30
Амарант	2	Клевер луговой	30
Мятлик однолетний	25	Солерос европейский	8
Свиной пальчатый	25	Гармала обыкновенная	8
Кермек Гмелина	15	Яровая пшеница	195
Горох	120	Однолетний клевер александрийский	10

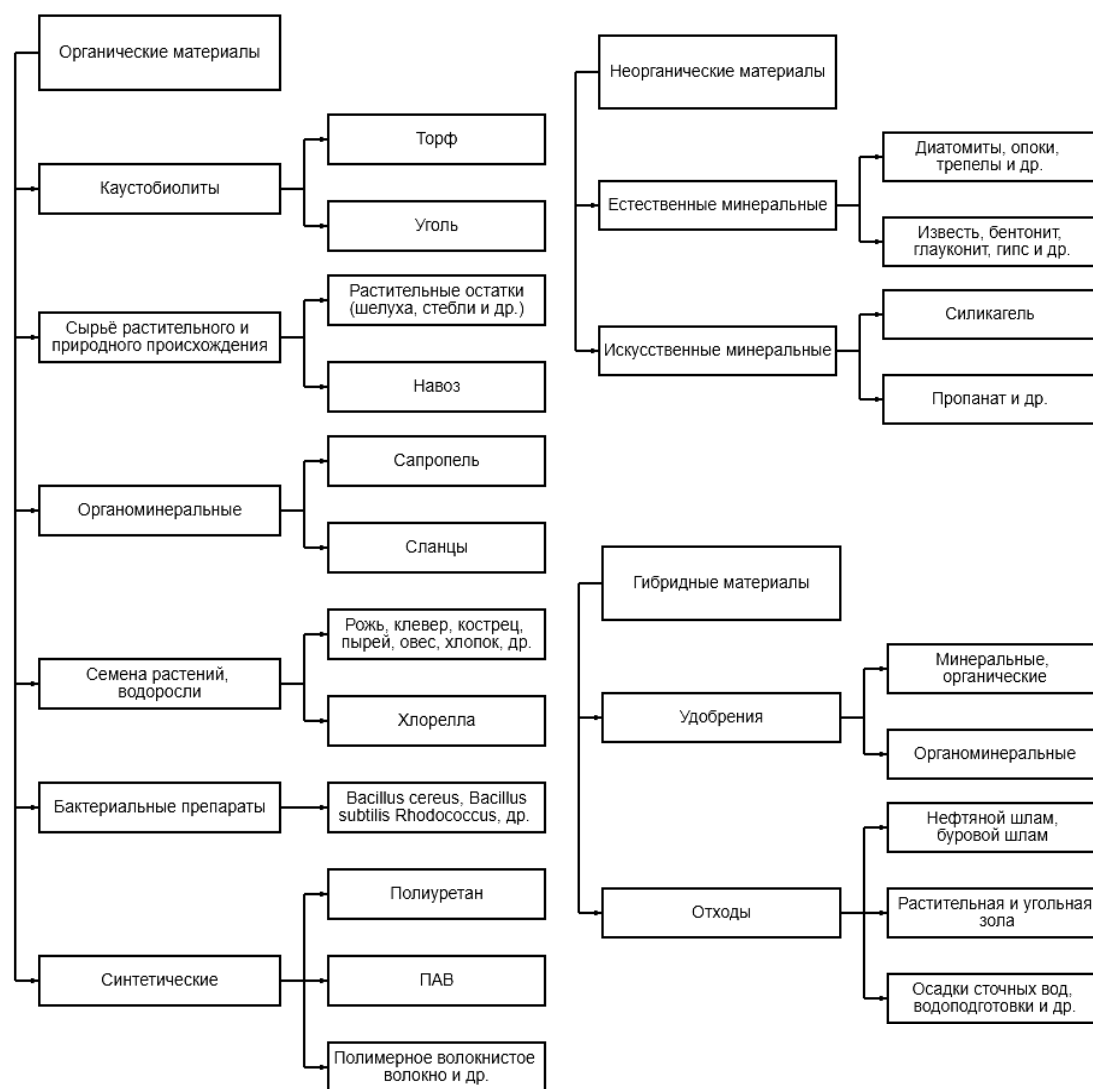


Рисунок 4. Классификация материалов для рекультивации нефтезагрязненных земель и создания сорбентов/мелиорантов
Figure 4. Classification of materials for reclamation of oil-contaminated lands and creation of sorbents/ameliorants

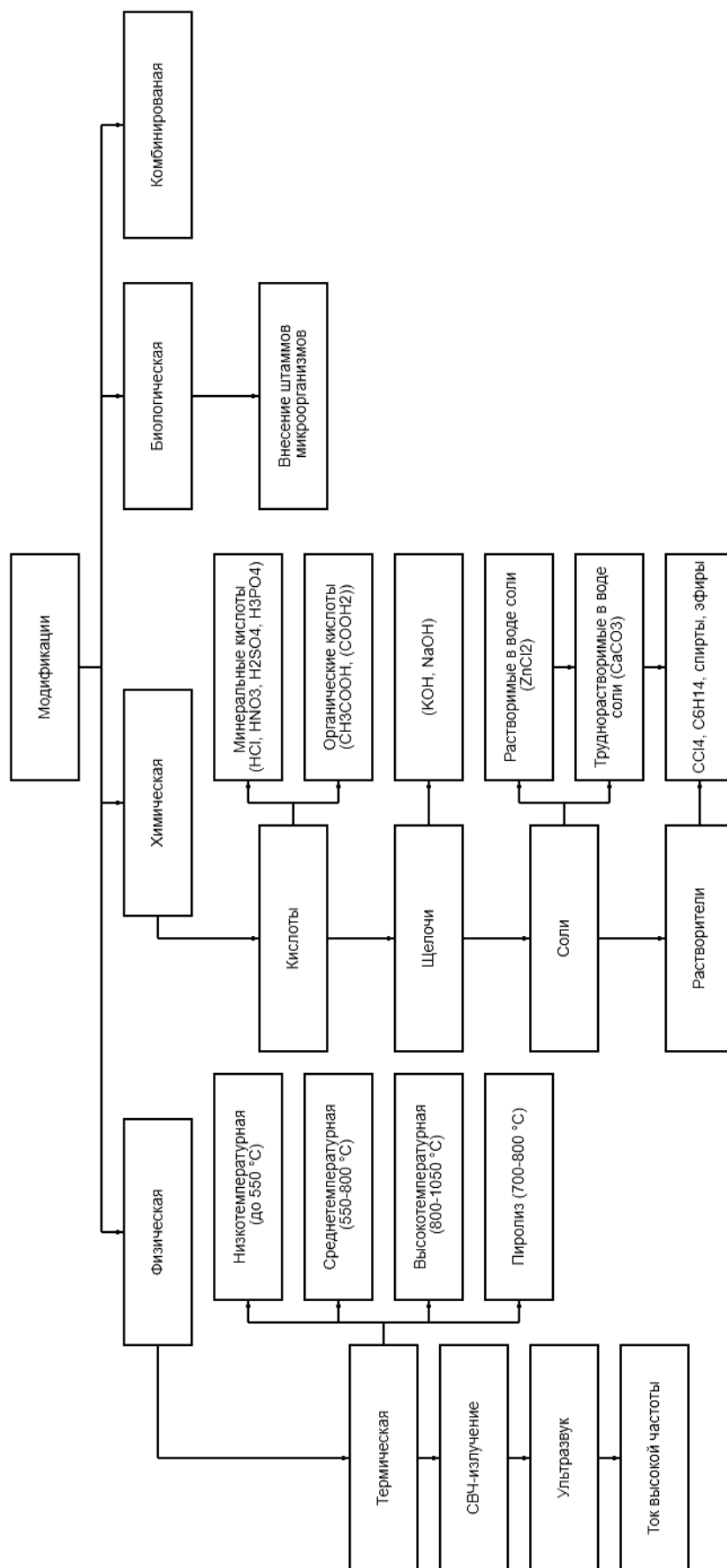


Рисунок 5. Классификация модификаций исходных материалов для разработки сорбентов/мелиорантов и способов рекультивации
 Figure 5. Classification of modifications of source materials for the development of sorbents/ameliorants and reclamation methods

После анализа существующих в настоящее время разработок предлагается следующая классификация исходных материалов, применяемых при рекультивации и разработке сорбентов/мелиорантов (рис. 4). Исходное сырье делится на органические, неорганические и гибридные материалы по своему генезису.

Что касается модификаций (способов обработки) исходного сырья с целью улучшения его мелиоративных и сорбционных свойств, то их предлагается разделить на физическую, химическую, биологическую и комбинированную, в которой могут пересекаться все перечисленные способы (рис. 5).

Заключение

Основной объем разработок по рекультивации нефтезагрязненных земель приходится на Россию как на одного из лидеров нефтегазовой промышленности с развитой нефтегазовой инфраструктурой.

Большинство разработок патентуется на способы рекультивации ($\approx 68\%$) по причине того, что в данном случае можно использовать большое количество материалов, как правило, отходов, которые находятся в непосредственной близости от места загрязнения и которые можно комбинировать по способу нанесения на рекультивируемую поверхность.

Сырье, применяемое для рекультивации, предлагается подразделять на органическое, неорганическое и гибридное по своему генезису.

Модификации исходного сырья предлагается разделить на физическую, химическую, биологическую и комбинированную, в которой могут пересекаться все перечисленные способы.

Анализ разработок также позволил разбить способы рекультивации на три группы:

1. Способы рекультивации нефтезагрязненных земель;
2. Сорбенты/мелиоранты (как композиционные составы, так и моносоставы), обладающие сорбционной ем-

костью по отношению к углеводородам и способностью к нефтеструкции;

3. Бактериальные препараты, которые применяются как самостоятельно, так и в композиции совместно со способами рекультивации и сорбентами/мелиорантами.

В разработках также установлено, что для эффективной нефтеструкции процесс рекультивации должен сопровождаться вспашкой загрязненной почвы с внесением минеральных удобрений и увеличением содержания органического вещества.

На заключительном этапе для ускорения нефтеструкции в рекультивируемую поверхность высаживают азотофиксирующие однолетние и многолетние травы, в ризосфере которых также образуются нефтеокисляющие микроорганизмы.

Предлагается довольно широкий спектр композиционных сорбентов/мелиорантов, нефтеемкость которых лежит в пределах от 0,5 до 10 г/г, синтетические материалы, такие, как например, полимерное волокно, способное впитывать от 14 до 48 г/г нефти.

Данные разработки, как правило, не прикреплены к типам рекультивируемых почв, а также зонально-географическим условиям применения. По естественным причинам прослеживается взаимосвязь использования в патентах материалов и отходов в зависимости от места регистрации патентов, например, в южных регионах можно встретить использование рисовой шелухи, отходов сахарного тростника и др., в то время как в северных высокая популярность использования торфа, цеолитов, сапропели, шунгита и т. д.

В Российской Федерации и Беларуси наибольший интерес в этом отношении как основа дешевых, доступных и эффективных сорбентов широкого ряда загрязнителей биосферы представляет торф, который используется как самостоятельно, так и в составе комбинированных сорбентов и композиционных материалов комплексного действия.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках Государственного задания № 075-00410-25-00 ПР. Тема 2 (2025–2027). Геоинформационное обеспечение системной оценки стратегий природосбережения при освоении ресурсов недр (FUWE-2025-0002), рег. № 1022040300092-1-1.5.1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 1158258 А1 СССР, МПК В 09 В 3/00 (2006.01), В 09 С 1/10 (2006.01), С 12 R 1/72 (2006.01). Способ рекультивации нефтезагрязненных почв / Исмаилов Н. М.; заявитель Сектор микробиологии АН СССР. № 3587100; заявл. 28.01.83; опубл. 30.05.85, Бюл. № 20.
2. Пат. 1807069 А1 СССР, МПК С 09 К 17/14 (2006.01), А 01 В 79/02 (2006.01), С 09 К 17/00 (2006.01). Способ рекультивации нефтезагрязненных почв / Базенкова Е. И., Колесникова Н. М., Калачникова И. Г., Плещева О. В.; заявитель Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО АН СССР. № 4906834; заявл. 31.01.91; опубл. 07.04.93.
3. Пат. 5249889 А United States, МПК А 01 G1/00; В 09 В 1/00; В 09 В 3/00; С 05 D3/02; С 09 K17/02; (IPC1-7): В 09 В 3/00. Soil-less method for the reclamation of disturbed areas / Sierzega Ph. E. [US]; заявитель Great Lakes/Enviroland INC [US]. № US87452392A; заявл. 27.04.92; опубл. 05.10.93.
4. Пат. 3118 С1 Республика Беларусь, МПК С 09 К 17/50, А 01 В 79/02. Состав для нейтрализации нефтяного загрязнения почв / Абрамец А. М., Балыкин В. И., Искандаров Р. М., Комарницкий Н. В., Мосейков В. А., Сорокин В. А.; заявители: Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной и газовой промышленности, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН РБ, Государственное научно-производственное малое предприятие «ЭкоТех». № 960433; заявл. 23.08.96; опубл. 30.12.99.
5. Пат. 2606 С1 Республика Беларусь, МПК В 01 J 20/20, В 01 J 20/30. Способ получения сорбента на основе торфа / Абрамец А. М., Балыкин В. И., Искандаров Р. М., Комарницкий Н. В., Мосейков В. А., Сорокин В. А.; заявитель Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной и газовой промышленности (ВУ). № 960359; заявл. 10.07.96; опубл. 30.03.98.
6. Пат. 2551 С1 Республика Беларусь, МПК В 01 J 20/22, С 02 F 1/28. Адсорбент для сбора нефти, нефтепродуктов, масел и углеводородов с поверхности воды и почвы / Томсон А. Э. (ВУ), Липский В. К. (ВУ), Журавлев В. Н. (ВУ), Соколова Т. В. (ВУ), Липская Т. И. (ВУ), Пехтерева В. С. (ВУ); заявитель Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Б (ВУ). № 960081; заявл. 21.02.96; опубл. 30.09.97.

7. Пат. 2116128 С1 Рос. Федерация, МПК В 01 J 20/24, В 01J 20/30, С 02 F 1/28. Способ получения сорбента для очистки от нефти твердых и водных поверхностей / Острецов В. И. № 97114723/25; заявл. 02.09.97; опубл. 27.07.98, Бюл. № 14.
8. Пат. 3418 С1 Республика Беларусь, МПК В 09 С 1/10, В 09 С 101:00, С 09 К 3/32. Способ очистки почвы от нефти / Самсонова А. С., Алещенкова З. М., Томсон А. Э., Журавлев В. Н., Семочкина Н. Ф., Бегельман М. М.; заявитель и патентообладатель Институт микробиологии НАН Беларуси. № 970052; заявл. 06.02.97; опубл. 30.06.00.
9. Пат. 4204 С1 Республика Беларусь, МПК⁷ В 09 С 1/00, В 09 С 101:00. Способ нейтрализации нефтяного загрязнения почв / Абрамец А. М., Балыкин В. И., Искандаров Р. М., Комарницкий Н. В.; заявитель и патентообладатель Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной и газовой промышленности (ВУ). № 970640; заявл. 25.11.97; опубл. 30.12.01.
10. Пат. 2160758 С2 Рос. Федерация, МПК С 09 К 3/32, В 01 J 20/32, В 09 С 1/00. Сорбент для очистки от нефтемаслосагрязнений / Рудник М. И., Бородин В. В., Калинин Н. Ф. № 98116533/12; заявл. 01.09.98; опубл. 20.12.00.
11. Пат. 5613 С1 Республика Беларусь, МПК⁷ В 01 J 20/24, В 01 J 20/30, С 01 В 31/08, С 02 F 1/28. Способ получения торфяного материала на основе фрезерного торфа для производства сорбентов / Зюзин Б. Ф. (ВУ), Кунцевич В. Б. (ВУ), Хазов Ю. Д. (ВУ), Вечер Д. А. (ВУ), Поликарпов Г. П. (ВУ), Костюков А. С. (ВУ), Лис А. Ф. (ВУ), Терентьев А. Ф. (ВУ), Томсон А. Э. (ВУ); заявитель и патентообладатель Белнитоппроект (ВУ). № а 19980418; заявл. 25.04.98; опубл. 30.12.03.
12. Пат. 36273 U1 Рос. Федерация, МПК В 09 С1/10; (IPC1-7): В 09 С1/10. Система рекультивации нефтезагрязненных поверхностей неосушенных торфяных болот / Толстограй В. И., Лопатин К. И., Женихов Ю. Н.; Суворов В. И. № 2003133558; заявл. 18.11.03; опубл. 10.03.04.
13. Пат. 2329633 С1 Рос. Федерация, МПК А 01 В 79/02. Способ биологической рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Кузнецов П. И., Мелихов В. В., Каренгина Т. В., Швагерус П. В., Кузнецова В. И., Мелихова М. В.; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия РАСХН. № 2006145924/12; заявл. 22.12.06; опубл. 27.07.08.
14. Пат. 2182049 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00. Способ рекультивации нефтезагрязненных земель / Федорив Л. В., Федорив Р. Л., Федорив М. Л. № 2000107469/12; заявл. 27.03.00; опубл. 10.05.02.
15. Пат. 2001212552 A Japan, МПК В 09 С 1/10; (IPC1-7): В 09 С1/10. Remedial method for oil-contaminated soil / Kitagawa Akiko; Ushio Ryojo; заявитель Sumitomo Metal Mining Co. № JP20000026375 20000203; заявл. 07.08.01.
16. Пат. 2242300 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10. Способ рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв и грунтов / Сатубалдин К. К., Салангинас Л. А.; заявитель ЗАО Научно-производственной системы «Элита-комплекс». № 2001106295/13; заявл. 05.03.01; опубл. 20.12.04.
17. Пат. 20050043506 A Korea, МПК В 09 С1/10; (IPC1-7): В 09 С1/10. Method for bioremediation of oil-contaminated soils using a specific microorganism and biosurfactant agent / Gwak Hyung Sub [KR]; Kim Myung Kyum [KR]; Kwon Mi Jung [KR]; Lee Myung Jin [KR]; Lee Sung Taik [KR]; Park Byeong Deog [KR]; заявитель Neo Pharm Co Ltd [KR]. № KR20030078421 20031106; заявл. 11.05.05.
18. Пат. 2004007524 A1 United States, МПК В 01 J 20/02; В 01 J 20/06; В 01J20/20; В 01 J 20/32; В 01 J 21/18; В 01 J 23/745; В 01 J 37/08; В 09 С1/00; В 09 С1/08; С 02 F 1/28; В 01 J 35/10; В 01 J 37/16; С 02 F 1/70; С 02 F 3/34; (IPC1-7): С 02 F 1/28; С 02 F 3/28. Compositions for removing hydrocarbons and halogenated hydrocarbons from contaminated environments / Noland Scott [US]; Elliott Bob [US]; заявитель Noland Scott; Elliott Bob; Remediation Products, INC. № US20020194946 20020712; заявл. 12.07.02.
19. Пат. 1020080046301 A Korea, МПК В 09 С 1/10 (2006.01.01) С 12 N 1/00(2017.01.01) А 62 D 3/02 (2017.01.01). Liquid composition of microorganisms for the remediation of oil-contaminated soil containing a liquid of culture of high growth and animal preparation of work, experience, and test / Cheol Hee [KR]; Woo Seung Han; Kim Ju Hoe [KR]; заявитель SK Innovation Co., Ltd. [KR]; SK Energy Co., LTD [KR]. № KR 1020080046301; заявл. 27.05.08.
20. Пат. 2535746 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00, В 09 С 1/10. Способ восстановления нефтезагрязненных почв путем внесения микробно-растительных сообществ / Лифшиц С. Х., Глянцева Ю. С., Чалая О. Н., Зуева И. Н., Ерофеевская Л. А.; заявитель Институт проблем нефти и газа СО РАН. № 2013104437/13; заявл. 01.02.13; опубл. 20.12.14.
21. Пат. 2557636 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10. Способ обезвреживания грунтов от загрязнений нефтью, нефтепродуктами и тяжелыми металлами и устройство для его осуществления / Гонопольский А. М., Назаров В. И., Макаренков Д. А., Баринский Е. А., Мурашов В. Е.; заявитель и патентообладатель Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ). № 2013125041/13; заявл. 30.05.13; опубл. 10.12.14, Бюл. № 34.
22. Пат. 2631391 С Рос. Федерация, МПК В 09 В 1/00. Смеси грунтошламовые для рекультивации нарушенных земель и способ рекультивации земель с использованием смесей грунтошламовых / Лопатин К. И., Заболоцкий С. С.; заявитель ООО «Сибпромсервис» № 2015144574; заявл. 18.10.15; опубл. 21.09.17.
23. Пат. 2705290 С1 Рос. Федерация, МПК С 12 N 1/26, В 09 С 1/10, С 12 R 1/01. Микробный препарат для биоремедиации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / Третьякова М. С., Беловежец Л. А., Маркова Ю. А.; заявитель Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. № 2019114526; заявл. 13.05.19; опубл. 06.11.19.
24. Пат. 2757503 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10, С 12 N 1/00, А 01 В 79/02. Способ получения гуминового препарата и его применение для рекультивации нефтезагрязненных, нарушенных и деградированных земель / Редькин В. В.; № 2020139307; заявл. 01.12.20; опубл. 18.10.21.
25. Пат. 2744094 С1 Рос. Федерация, МПК А 01 N 63/20, С 12 N 1/26, В 09 С 1/10. Микробный препарат для защиты растений, произрастающих на нефтезагрязненных почвах / Третьякова М. С., Беловежец Л. А., Маркова Ю. А.; заявитель Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН. № 2020124773; заявл. 16.07.20; опубл. 02.03.21.
26. Пат. 2005/0000903 A1 United States, МПК В 09 С1/00; В 09 С1/10; С 09 К 8/524; (IPC1-7): C02F1/42. Method for land improvement and microorganisms therefor / Mecs I.; Kalman M.; Hlatki M.; Puskas S.; Balazs J.; Lengyel G.; Virag Z.; Kovacs G.; Horvath F.; Samu I.; заявитель Mecs I.; Kalman M.; Hlatki M.; Puskas S.; Balazs J.; Lengyel G.; Virag.; Kovacs G.; Horvath F.; Samu I. № US20040492233 2004040812; заявл. 06.01.05.
27. Пат. 20020096861 A Korea, МПК С 12 N1/20; (IPC1-7): С 12 N1/20. Composition for remediation of soils contaminated by oils and indegradable organic chemicals / Chung Wook Jin [KR]; Ju Chun Seong [KR]; Kim Yun Gwan [KR]; заявитель Chung Wook Jin [KR]. № KR20020015756 20020322; заявл. 31.12.02.
28. Пат. 2006150279 A1 United States, МПК А 01 N 1/00; В 09 С 1/10; С 02 F 3/32; С 12 N 15/82; С 12 N 9/10. Bioremediation with transgenic plants / Sorokin A. P. [GB]; Brychkova G. G. [IL]; Kartel N. A. [BY]; Jones J. D. G. [GB]; заявитель Plant Bioscience Ltd. № GB0228444A; заявл. 12.05.02.
29. Пат. 2421291 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10, С 12 N 1/26. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Одегова Т. Ф., Баландина А. В., Бурлакова Е. М., Злотников К. М., Казаков А. В.; заявитель Пермская государственная фармацевтическая академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию (ГОУ ВПО ПГФА Росздрава). № 2008130262/10; заявл. 21.07.08; опубл. 20.06.11.
30. Пат. 2499636 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10. Способ биоремедиации нефтезагрязненных почвогрунтов / Вяткин А. П., Галкина Н. А., Галкин Е. А., Катаева И. В., Чечихин В. В., Шафран В. Н., Назаренко О. А., Курицын А. В., Калинин В. Л., Мальцева М. В., Вяткин К. А.; заявитель ООО «Уралэкоресурс». № 2012110620/13; заявл. 20.03.12; опубл. 27.11.13.
31. Пат. 2618699 С Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10. Способ биологической очистки почв, загрязненных нефтепродуктами / Вазыхов И. Т., Кирейчева Л. В., Ильинский А. В., Рогозина Е. А., Тодорова Александрова М.; заявитель ООО «Торгово-производственная компания «Камский сапрпель». № 2016105857; заявл. 20.02.16; опубл. 11.05.17.

32. Пат. 108655162 A Chinese, МПК В 09 С 1/00; В 09 С 1/10. Method for remedying heavily oil-contaminated soil / Wei Xiaona; Wang Bin; Shen Yuxin; Li Fayun; Fan Zhiping; заявитель Univ. Liaoning Shihua.
33. Пат. 105478460 A Chinese, МПК В 09 С 1/00; В 09 С 1/10. Bioremediation method of oil-contaminated soil / Che Chunling; заявитель Shandong Jiaying Environmental Protection Technology Co., Ltd. № CN201610018597.1A; заявл. 12.01.16; опубл. 13.04.16.
34. Пат. 2307869 С2 Рос. Федерация, МПК С 12 N 1/20, В 09 С 1/10, С 12 R 1/085. Способ биологической рекультивации нефтезагрязненной почвы / Алексеев М. И., Архипченко И. А., Загвоздкин В. К., Заикин И. А., Иванов В. Г., Лукашев В. Н.; заявитель ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». № 2005101366/13; заявл. 21.01.05; опубл. 10.10.07, Бюл. № 28.
35. Пат. 105921512 A Chinese, МПК В 09 С 1/10; С 12 N 1/14; С 12 N 1/20; С 12 R 1/07; С 12 R 1/645. Sequential biological enhancement treatment method for severe oil-contaminated soil or oil sludge / Ma Xiaokui; Mao Dongxia; Li Tingting; Li Yu; Song Shuanghong; заявитель Univ. Shaanxi Normal. № CN201610308584 20160511; заявл. 07.09.16.
36. Пат. 105170644 В Chinese, МПК В 09 С 1/10. A kind of biological renovation method of oil-polluted soils / Li Lei; заявитель: Li Lei. № CN201510727313 20151030; заявл. 30.10.15.
37. Пат. 106424131 A Chinese, МПК В 09 С 1/10. Remediation method for oil-contaminated soil / Zhou Jihai; Pu Haiyan; Huang Rongxia; Fan Houbao; Yuan Yinghong; Li Wei; Tang Jiajie; Cheng Kun; Wu Xueyan; Yuan Dongdong; заявитель Nanchang Inst. Technology. № CN20161144351 20161124; заявл. 22.02.17.
38. Пат. 2630237 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/10. Способ рекультивации нарушенных земель / Листов Е. Л., Пыстина Н. Б., Хохлачев Н. С., Никишова А. С., Лужков В. А., Ишков А. Г.; заявитель и патентообладатель ПАО «Газпром». № 2016152698; заявл. 30.12.16; опубл. 06.09.17, Бюл. № 25.
39. Пат. 3031942 А1 Canada, МПК В 09 С 1/10; С 02 F 3/00; С 12 N 1/20; С 12 N 9/00; С 12 N 9/02; С 12 N 9/14; С 12 N 9/16; С 12 N 9/20; С 12 Р 1/04. In situ enzymatic degradation of hydrocarbon-polluted soils / Kaur Brar Satinder [CA]; Guedri Tayssir [CA]; Rouissi Tarek [CA]; заявитель Inst. Nat. Rech. Scient. [CA]. № CA3031942A; заявл. 30.01.19.
40. Пат. 2283195 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00. Способ рекультивации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / Лушников С. В., Терещенко Н. Н.; заявитель ООО «Научно-техническое объединение «Приборсервис». № 2004120620/15; заявл. 05.07.04; опубл. 10.09.06, Бюл. № 15.
41. Пат. 2402079 С2 Рос. Федерация, МПК G 09 С 1/10, С 12 N 1/26. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью / Белюченко И. С., Добрыднев Е. П., Муравьев Е. И., Мельник О. А., Терещенко Е. В.; заявитель Кубанский государственный аграрный университет. № 2008133094/10; заявл. 11.08.08; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. 5 с.
42. Пат. 2481162 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00, В 09 С 1/10, А 01 В 79/02. Способ мелиорации нефтезагрязненных земель / Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Мажиев Х. Н., Батаев Д.-К. С., Бурдзиева О. Г., Мажиев К. Х., Мажиева А. Х.; заявитель Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова, Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия – Алания. № 2011117840/13; заявл. 03.05.11; опубл. 10.05.13.
43. Пат. 2253209 С1 Рос. Федерация, МПК А 01 В 79/02. Способ биорекультивации нефтезагрязненных почв / Горелов В. В., Калачникова И. Г., Назаров А. В., Щукин В. М., Наргович Ю. К., Иларионов С. А., Басов В. Н. № 2003132619/12; заявл. 06.11.03; опубл. 10.06.05.
44. Пат. 2396133 С2 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00, А 01 В 79/02. Способ реабилитации нефтезагрязненных земель / Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Батаев Д.-К. С., Мажиев Х. Н.; заявитель Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия – Алания (ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А), Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН. № 2008142997/15; заявл. 29.10.08; опубл. 10.08.10.
45. Пат. 102091715 A Chinese, МПК В 09 С 1/00; В 09 С 1/10. Method for remediating oil-contaminated soil by using gaillardia aristata pursh flower plants / Rui Liu; Qixing Zhou; заявитель Institute of Applied Ecology, China Academy of Sciences. № CN200910220675 20091211; заявл. 15.06.11.
46. Пат. 2437263 С1 Рос. Федерация, МПК А 01 В 79/02, В 09 В 1/00, В 65 F 5/00. Способ рекультивации болотных земель / Панков Д. М.; заявитель Алтайская государственная академия образования им. В. М. Шукшина. № 2010124974/13; заявл. 17.06.10; опубл. 27.12.11.
47. Пат. 2440199 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00. Корневищный способ фиторекультивации почвы от нефти и нефтепродуктов / Шаропова И. Э., Маслова С. П., Табаленкова Г. Н., Гарабаджу А. В., Арчегова И. Б., Таскаев А. И.; заявитель Институт биологии КНЦ УрО РАН. № 2010123987/13; заявл. 11.06.10; опубл. 20.01.12.
48. Пат. 2620658 С1 Рос. Федерация, МПК А 01 В 79/02. Способ восстановления загрязненных нефтью земель / Заалишвили В. Б., Бекузарова С. А., Бурдзиева О. Г., Мажиев Адам Х., Мажиев Аслан Х.; заявитель Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН. № 2016113624; заявл. 08.04.16; опубл. 29.05.2017, Бюл. № 16.
49. Пат. ЕА201690587 А1 Kazakhstan, МПК В 09 С 1/10. Method for biological saline soil cleaning of petroleum products and salt content / Исаева А. У.; Бишимбаев В. К.; Саттарова А. М.; заявитель Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова МОН РК. № ЕА201690587; заявл. 12.04.16.
50. Пат. 2323790 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/08. Способ рекультивации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / Лушников С. В., Терещенко Н. Н.; заявитель ООО «Научно-техническое объединение «Приборсервис». № 2006142155/15; заявл. 28.11.06; опубл. 10.05.08.
51. Пат. 2323052 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 В 1/00, А 01 В 79/02. Способ рекультивации нефтезагрязненных поверхностей торфяных болот / Толстогой В. И., Лопатин К. И., Чемякин А. Н., Женихов Ю. Н., Суворов В. И., Панов В. В. № 2006128427/15; заявл. 04.08.06; опубл. 27.04.08.
52. Пат. 2520145 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/00. Грунт техногенный заторфованный для рекультивации нефтезагрязненных и нарушенных земель / Гурьевский Ю. Е., Бухтоярова Я. Ю.; заявитель ООО «Гидромеханизированные работы». № 2013103657/13; заявл. 29.01.13; опубл. 20.06.14, Бюл. № 17.
53. Пат. 2766361 С1 Рос. Федерация, МПК В 09 С 1/08. Торфо-диатомитовый мелиорант для рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Усманов А. И., Антонинова Н. Ю., Собенин А. В., Семин А. Н., Дедков О. В., Нелогова Е. А.; заявитель ООО «ЭкоИнноватор». № 2021106690; заявл. 15.03.21; опубл. 15.03.22.
54. База экспериментальных данных оценки фитотоксичности нефтезагрязненных почв, рекультивируемых торфо-диатомитовыми мелиорантом (ТДМ) / Антонинова Н. Ю., Усманов А. И., Собенин А. В., Кузнецова Я. А.; заявитель Институт горного дела УрО РАН. № 2023623558; заявл. 27.10.23; опубл. 14.11.23; свидетельство о ГР базы данных № 2023623956 РФ.

Статья поступила в редакцию 23 января 2025 года

On the use of reclamation techniques for the formation of biogeochemical barriers

Al'bert Ismagilovich USMANOV^{1*}

Natal'ya Yur'evna ANTONINOVA^{1,2**}

Veronika Alekseevna USMANOVA^{1***}

Aleksandr Viktorovich GORBUNOV^{2****}

¹Institute of Mining of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

²Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Abstract

Relevance of the work. In the process of extraction, transportation and storage of petroleum hydrocarbons, emergency situations very often occur, because of which oil pollutes large areas of land. Such lands lose their original physico-chemical and biological properties, the natural restoration of which can take no decade. In this connection, research on the biological stage of recultivation of oil-contaminated lands is relevant.

Methodology of the work. To understand the current level of development of science and technology, the work analyzes patents on methods of rehabilitation of oil-contaminated lands from Russian and international databases.

Results of the work. As a result of the analysis, it turned out that the first inventions date back to the 80s of the twentieth century and continue to the present. Having studied more than a hundred patents, it turned out that the main number of developments is divided into methods of reclamation and bioremediation of oil-contaminated lands, sorbents/meliorants capable of sorbing free oil from the soil with the possibility of its further biological destruction and without it, as well as bacterial preparations for which there are both independent patents and in combination with methods and sorbents meliorants. In addition, many studies suggest ways to activate the native microflora using various reclamation techniques and planting nitrogen-fixing plants-siderates resistant to oil pollution.

Conclusions. More than 60% of patents have been published in the last decade. The main part of the developments falls on the leader in oil production with an extensive network of oil pipelines – Russia (67%), China (11%), Belarus (6%), the USA (4%), South Korea (4%).

Keywords: method, sorbent, meliorant, oil, petroleum products, peat, reclamation, destruction, sorption, neutralization, rehabilitation, hydrocarbons, oil capacity, bioremediation, microorganisms.

Acknowledgments

The article was prepared within the framework of State Assignment No. 075-00410-25-00 PR. Topic 2 (2025–2027). Geoinformation support for the systemic assessment of nature conservation strategies in the development of subsoil resources (FUWE-2025-0002), reg. No. 1022040300092-1-1.5.1.

REFERENCES

1. Ismailov N. M. 1985, Patent 1158258 A1 USSR, IPC B 09 B 3/00 (2006.01), B 09 C 1/10 (2006.01), C 12 R 1/72 (2006.01). Method of Reclamation of Oil-Contaminated Soils. Microbiology Sector of the USSR Academy of Sciences no. 3587100; Applied for on 28.01.83; Published on 30.05.85, Bulletin no. 20. (In Russ.)
2. Bazenkova E. I., Kolesnikova N. M., Kalachnikova I. G., Pleshcheva O. V. 1993, Patent 1807069 A1 USSR, IPC C 09 K 17/14 (2006.01), A 01 B 79/02 (2006.01), C 09 K 17/00 (2006.01). Method for Reclamation of Oil-Contaminated Soils. Applicant: Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, no. 4906834; Applied for on 31.01.91; Published on 07.04.93. (In Russ.)
3. Sierzega Ph. E. 1993, Patent 5249889 A United States, IPC A 01 G 1/00; B 09 B 1/00; B 09 B 3/00; C 05 D 3/02; C 09 K 17/02; (IPC-1-7): B 09 B 3/00. Soil-Less Method for The Reclamation of Disturbed Areas. Applicant: Great Lakes/Enviroland INC [US], no. US87452392A; Applied for on 27.04.92; Published on 05.10.93.
4. Abramets A. M., Balykin V. I., Iskandarov R. M., Komarnitsky N. V., Moseykov V. A., Sorokin V. A. 1999, Patent 3118 C1 Republic of Belarus, IPC C 09 K 17/50, A 01 B 79/02. Composition for Neutralizing Oil Pollution of Soils. Applicants: State Research and Design Institute of the Oil and Gas Industry, Institute for Problems of Natural Resources Use and Ecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, State Scientific and Production Small Enterprise EcoTech, no. 960433; Applied for on 23.08.96; Published on 30.12.99. (In Russ.)
5. Abramets A. M., Balykin V. I., Iskandarov R. M., Komarnitsky N. V., Moseykov V. A., Sorokin V. A. 1998, Patent 2606 C1 Republic of Belarus, IPC 6 B 01 J 20/20, B 01 J 20/30. Method for Producing a Peat-Based Sorbent. Applicant: State Research and Design Institute of Oil and Gas Industry (BY), no. 960359; Applied for on 10.07.96; Published on 30.03.98. (In Russ.)

✉ albert3179@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3650-0467>

** natal78@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8503-639X>

*** vnika196@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-1942-2050>

**** alexgorbunov72@mail.ru

6. Thomson A. E., Lipskiy V. K., Zhuravlev V. N., Sokolova T. V., Lipskaya T. I., Pekhtereva V. S. 1997, Patent 2551 C1 Republic of Belarus, IPC 6 B 01 J 20/22, C 02 F 1/28. Adsorbent for Collecting Oil, Oil Products, Greases and Hydrocarbons from the Surface of Water and Soil. Applicant: Institute for Problems of Natural Resources Use and Ecology of the National Academy of Sciences of Belarus (BY), no. 960081; Applied for on 21.02.96; Published on 30.09.97. (*In Russ.*)
7. Ostretsov V. I. 1998, Patent 2116128 C1 Russian Federation, IPC B 01 J 20/24, B 01J 20/30, C 02 F 1/28. Method for Producing a Sorbent for Cleaning Oil from Solid and Aqueous Surfaces, no. 97114723/25; Applied for on 02.09.97; Published on 27.07.98, Bulletin no.14. (*In Russ.*)
8. Samsonova A. S., Aleshchenkova Z. M., Thomson A. E., Zhuravlev V. N., Semochkina N. F., Begelman M. M. 2000, Patent 3418 C1 Republic of Belarus, IPC B 09 C 1/10, B 09 C 101:00, C 09 K 3/32. Method for Cleaning Soil from Oil. Applicant and Patent Holder: Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, no. 970052; Applied for on 06.02.97; Published on 30.06.00. (*In Russ.*)
9. Abramets A. M., Balykin V. I., Iskandarov R. M., Komarnitsky N. V. 2001, Patent 4204 C1 Republic of Belarus, IPC 7 B 09 C 1/00, B 09 C 101:00. Method for Neutralizing Oil Pollution of Soils. Applicant and Patent Holder: State Research and Design Institute of Oil and Gas Industry (BY). No. 970640; Applied for on 25.11.97; Published on 30.12.01. (*In Russ.*)
10. Rudnik M. I., Borodin V. V., Kalinin N. F. 1998, Patent 2160758 C2 Russian Federation, IPC C 09 K 3/32, B 01 J 20/32, B 09 C 1/00. Sorbent for Cleaning from Petroleum Pollution, no 98116533/12; Applied for on 01.09.98; Published on 20.12.00. (*In Russ.*)
11. Zyuzin B. F., Kuntsevich V. B., Khazov Yu. D., Vecher D. A., Polikarpov G. P., Kostyukov A. S., Lis A. F., Terentyev A. F., Thomson A. E. 2003, Patent 5613 C1 Republic of Belarus, IPC 7 B 01 J 20/24, B 01 J 20/30, C 01 B 31/08, C 02 F 1/28. Method for Obtaining Peat Material Based on Milled Peat for the Production of Sorbents. Applicant and Patent Holder: Belniitopproekt, no. 19980418; Applied for on 25.04.98; Published on 30.12.03. (*In Russ.*)
12. Tolstoray V. I., Lopatin K. I., Zhenikhov Yu. N.; Suvorov V. I. 2003, Patent 36273 U1 Russian Federation, IPC B 09 C1/10; (IPC1-7): B 09 C1/10. System for the Reclamation of Oil-Contaminated Surfaces of Undrained Peat Bogs, no. 2003133558; Applied for on 18.11.03; Published on 10.03.04. (*In Russ.*)
13. Kuznetsov P. I., Melikhov V. V., Karengina T. V., Shvagerus P. V., Kuznetsova V. I., Melikhova M. V. 2008, Patent 2329633 C1 Russian Federation, IPC A 01 B 79/02. Method for Biological Reclamation of Soils Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, no. 2006145924/12; Applied for on 22.12.06; Published on 27.07.08. (*In Russ.*)
14. Fedoriv L. V., Fedoriv R. L., Fedoriv M. L. 2002, Patent 2182049 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00. Method for Reclaiming Oil-Contaminated Lands, no. 2000107469/12; Applied for on 27.03.00; Published on 10.05.02. (*In Russ.*)
15. Kitagawa Akiko, Ushio Ryozo. 2001, Patent 2001212552 A Japan, IPC B 09 C 1/10; (IPC1-7): B 09 C1/10. Remedial Method for Oil-Contaminated Soil. Applicant: Sumitomo Metal Mining Co, no. JP20000026375 20000203; Published on 07.08.01.
16. Satubaldin K. K., Salangina L. A. 2004, Patent 2242300 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10. Method for Reclaiming Soils and Grounds Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: ZAO Scientific and Production System Elita-Comple, no. 2001106295/13; Applied for on 05.03.01; Published on 20.12.04. (*In Russ.*)
17. Gwak Hyung Sub, Kim Myung Kyum, Kwon Mi Jung, Lee Myung Jin, Lee Sung Taik, Park Byeong Deog. 2005, Patent 20050043506 A Korea, IPC B 09 C1/10; (IPC1-7): B 09 C1/10. Method for Bioremediation of Oil-Contaminated Soils Using a Specific Microorganism and Biosurfactant Agent. Applicant: Neo Pharm Co Ltd [KR], no. KR20030078421 20031106, Published on 11.05.05.
18. Noland Scott, Elliott Bob. 2002, Patent 2004007524 A1 United States, IPC B 01 J 20/02; B 01 J 20/06; B01J20/20; B 01 J 20/32; B 01 J 21/18; B 01 J 23/745; B 01 J 37/08; B 09 C1/00; B 09 C1/08; C 02 F 1/28; B 01 J 35/10; B 01 J 37/16; C 02 F 1/70; C 02 F 3/34; (IPC1-7): C 02 F 1/28; C 02 F 3/28. Compositions for Removing Hydrocarbons and Halogenated Hydrocarbons from Contaminated Environments. Remediation Products, INC, no. US20020194946 20020712; Published on 12.07.02.
19. Cheol Hee, Woo Seung Han, Kim Ju Hoe. 2008, Patent 1020080046301 A Korea, IPC B 09 C 1/10 (2006.01.01) C 12 N 1/00(2017.01.01) A 62 D 3/02 (2017.01.01). Liquid Composition of Microorganisms for the Remediation of Oil-Contaminated Soil Containing a Liquid of Culture of High Growth and Animal Preparation of Work, Experience, and Test. Applicant: SK Innovation Co., Ltd. [KR]; SK Energy Co., LTD, no. KR 1020080046301; Published on 27.05.08.
20. Lifshits S. Kh., Glyaznetsova Yu. S., Chalaya O. N., Zueva I. N., Erofeevskaya L. A. 2014, Patent 2535746 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00, B 09 C 1/10. Method for Restoring Oil-Contaminated Soils by Introducing Microbial and Plant Communities. Applicant: Oil and Gas Research Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, no. 2013104437/13; Applied for on 01.02.13; Published on 20.12.14. (*In Russ.*)
21. Gonopolsky A. M., Nazarov V. I., Makarenkov D. A., Barinsky E. A., Murashov V. E. 2014, Patent 2557636 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10. Method for Decontaminating Soils Contaminated with Oil, Oil Products and Heavy Metals and Device for Its Implementation. Applicant and Patent Holder: Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI), no. 2013125041/13; Applied for on 30.05.13; Published on 10.12.14, Bulletin no. 34. (*In Russ.*)
22. Lopatin K. I., Zabolotsky S. S. 2017, Patent 2631391 C Russian Federation, IPC B 09 B 1/00. Soil-Slurry Mixtures for Reclamation of Disturbed Lands and a Method for Reclamation of Lands Using Soil-Slurry Mixtures. Applicant: OOO Sibpromservis no. 2015144574; Applied for on 18.10.15; Published on 21.09.17. (*In Russ.*)
23. Tretyakova M. S., Belovezhets L. A., Markova Yu. A. 2019, Patent 2705290 C1 Russian Federation, IPC C 12 N 1/26, B 09 C 1/10, C 12 R 1/01. Microbial Preparation for Bioremediation of Soil Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, no. 2019114526; Applied for on 13.05.19; Published on 06.11.19. (*In Russ.*)
24. Redkin V. V. 2021, Patent 2757503 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10, C 12 N 1/00, A 01 B 79/02. Method for Obtaining a Humic Preparation and Its Use for the Reclamation of Oil-Contaminated, Disturbed and Degraded Lands, no. 2020139307; Applied for on 01.12.20; Published on 18.10.21. (*In Russ.*)
25. Tretyakova M. S., Belovezhets L. A., Markova Yu. A. 2021, Patent 2744094 C1 Russian Federation, IPC A 01 N 63/20, C 12 N 1/26, B 09 C 1/10. Microbial Preparation for Protecting Plants Growing on Oil-Contaminated Soils. Applicant: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, no. 2020124773; Applied for on 16.07.20; Published on 02.03.21. (*In Russ.*)
26. Mecs I.; Kalman M.; Hlatki M.; Puskas S.; Balazs J.; Lengyel G.; Virag.; Kovacs G; Horvath F.; Samu I. 2005, Patent 2005/0000903 A1 United States, IPC B 09 C1/00; B 09 C1/10; C 09 K 8/524; (IPC1-7): C02F1/42. Method for Land Improvement and Microorganisms Therefor, no. US20040492233 2004040812; Applied for on 06.01.05.
27. Chung Wook Jin, Ju Chun Seong, Kim Yun Gwan. 2002, Patent 20020096861 A Korea, IPC C 12 N1/20; (IPC1-7): C 12 N1/20. Composition for Remediation of Soils Contaminated by Oils and Indegradable Organic Chemicals. Applicant: Chung Wook Jin, no. KR20020015756 20020322; Published on 12/31/02.
28. Sorokin A. P, Brychkova G. G, Kartel N. A, Jones J. D. G. 2002, Patent 2006150279 A1 United States, IPC A 01 H 1/00; B 09 C 1/10; C 02 F 3/32; C 12 N 15/82; C 12 N 9/10. Bioremediation with Transgenic Plants. Applicant: Plant Bioscience Ltd. № GB0228444A; Applied for on 12.05.02.
29. Odegova T. F., Balandina A. V., Burlakova E. M., Zlotnikov K. M., Kazakov A. V. 2011, Patent 2421291 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10, C 12 N 1/26. Method for Remediation of Soils Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: Perm State Pharmaceutical Academy of

- the Federal Agency for Healthcare and Social Development (State Educational Institution of Higher Professional Education PGFA of the Russian Healthcare Agency), no. 2008130262/10; Applied for on 21.07.08; Published on 20.06.11. (*In Russ.*)
30. Vyatkin A. P., Galkina N. A., Galkin E. A., Kataeva I. V., Chechikhin V. V., Shafran V. N., Nazarenko O. A., Kuritsyn A. V., Kalin V. L., Maltseva M. V., Vyatkin K. A. 2013, Patent 2499636 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10. Method for Bioremediation of Oil-Contaminated Soils. Applicant: OOO Uralekoresurs, no. 2012110620/13; Applied for on 20.03.12; Published on 27.11.13. (*In Russ.*)
31. Vazykhov I. T., Kireycheva L. V., Ilyinsky A. V., Rogozina E. A., Todorova Aleksandrova M. 2017, Patent 2618699 C Russian Federation, IPC B 09 C 1/10. Method for Biological Treatment of Soils Contaminated with Petroleum Products. Applicant: OOO Kamsky Sapropel Trading and Production Company, no. 2016105857; Applied for on 20.02.16; Published on 11.05.17. (*In Russ.*)
32. Wei Xiaona, Wang Bin, Shen Yuxin, Li Fayun, Fan Zhiping. Patent 108655162 A Chinese, IPC B 09 C 1/00; B 09 C 1/10. Method for Remedying Heavily Oil-Contaminated Soil. Applicant: Liaoning Shihua University.
33. Che Chunling. 2016, Patent 105478460 A Chinese, IPC B 09 C 1/00; B 09 C 1/10. Bioremediation Method of Oil-Contaminated Soil. Applicant: Shandong Jiaxing Environmental Protection Technology Co., Ltd, no. CN201610018597.1A; Applied for on 12.01.16; Published on 13.04.16.
34. Alekseev M. I., Arkhipchenko I. A., Zagvozdin V. K., Zaikin I. A., Ivanov V. G., Lukashov V. N. 2007, Patent 2307869 C2 Russian Federation, IPC C 12 N 1/20, B 09 C 1/10, C 12 R 1/085. Method for Biological Reclamation of Oil-Contaminated Soil. Applicant: OOO LUKOIL-Komi, no. 2005101366/13; Applied for on 21.01.05; Published on 10.10.07, Bulletin no. 28. (*In Russ.*)
35. Ma Xiaokui, Mao Dongxia, Li Tingting, Li Yu, Song Shuanghong. 2016, Patent 105921512 A Chinese, IPC B 09 C 1/10; C 12 N 1/14; C 12 N 1/20; C 12 R 1/07; C 12 R 1/645. Sequential Biological Enhancement Treatment Method for Severe Oil-Contaminated Soil or Oil Sludge. Applicant: Univ. Shaanxi Normal, no. CN201610308584 20160511; Applied for on 09.07.16.
36. Li Lei. 2015, Patent 105170644 B Chinese, IPC B 09 C 1/10. A Kind of Biological Renovation Method of Oil-Polluted Soils. Applicant: Li Lei, no. CN201510727313 20151030; Applied for on 30.10.15.
37. Zhou Jihai, Pu Haiyan, Huang Rongxia, Fan Houbao, Yuan Yinghong, Li Wei, Tang Jiajie, Cheng Kun, Wu Xueyan, Yuan Dongdong. 2017, Patent 106424131 A Chinese, IPC B 09 C 1/10. Remediation Method for Oil-Contaminated Soil. Applicant: Nanchang Inst. Technology, no. CN20161144351 20161124; Applied for on 22.02.17.
38. Listov E. L., Pystina N. B., Khokhlachev N. S., Nikishova A. S., Luzhkov V. A., Ishkov A. G. 2017, Patent 2630237 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/10. Method for Reclaiming Disturbed Lands. Applicant and Patent Holder: PAO Gazprom, no. 2016152698; Applied for on 30.12.16; Published on 06.09.17, Bulletin no. 25. (*In Russ.*)
39. Kaur Brar Satinder, Guedri Tayssir, Rouissi Tarek. 2019, Patent 3031942 A1 Canada, IPC B 09 C1/10; C 02 F 3/00; C 12 N 1/20; C 12 N 9/00; C 12 N 9/02; C 12 N 9/14; C 12 N 9/16; C 12 N 9/20; C 12 P 1/04. In Situ Enzymatic Degradation of Hydrocarbon-Polluted Soils. Applicant: Inst. Nat. Rech. Scient., no. CA3031942A; Applied for on 30.01.19.
40. Lushnikov S. V., Tereshchenko N. N. 2006, Patent 2283195 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00. Method for Reclaiming Soil Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: OOO Scientific and Technical Association Priborservis, no. 2004120620/15; Applied for on 05.07.04; Published on 10.09.06, Bulletin no. 15. (*In Russ.*)
41. Belyuchenko I. S., Dobrydney E. P., Muravyov E. I., Melnik O. A., Tereshchenko E. V. 2010, Patent 2402079 C2 Russian Federation, IPC G 09 C 1/10, C 12 N 1/26. Method for Reclaiming Soils Contaminated with Oil. Applicant: Kuban State Agrarian University, no. 2008133094/10; Applied for on 11.08.08; Published on 20.10.10, Bulletin no. 29, 5 p. (*In Russ.*)
42. Zaalishvili V. B., Bekuzarova S. A., Mazhiev Kh. N., Bataev D. K. S., Burdzieva O. G., Mazhiev K. Kh., Mazhieva A. Kh. 2013, Patent 2481162 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00, B 09 C 1/10, A 01 B 79/02. Method for Reclamation of Oil-Contaminated Lands. Applicant: Grozny State Petroleum Technological University Named After Academician M. D. Millionshchikov, Geophysical Research Center of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Government of the Republic of North Ossetia – Alania, no. 2011117840/13; Applied for on 03.05.11; Published on 10.05.13. (*In Russ.*)
43. Gorelov V. V., Kalachnikova I. G., Nazarov A. V., Shchukin V. M., Nargovich Yu. K., Ilarionov S. A., Basov V. N. 2005, Patent 2253209 C1 Russian Federation, IPC A 01 B 79/02. Method for Bioremediation of Oil-Contaminated Soils, no. 2003132619/12; Applied for on 06.11.03; Published on 10.06.05. (*In Russ.*)
44. Zaalishvili V. B., Bekuzarova S. A., Bataev D.-K. S., Mazhiev H. N. 2010, Patent 2396133 C2 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00, A 01 B 79/02. Method for Rehabilitating Oil-Contaminated Lands. Applicant: Geophysical Research Center of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Government of the Republic of North Ossetia – Alania (CGI VSC RAS and RNO-A), Kh. I. Ibragimov Integrated Research Institute of the Russian Academy of Sciences, no. 2008142997/15; Applied for on 29.10.08; Published on 10.08.10. (*In Russ.*)
45. Rui Liu; Qixing Zhou. 2011, Patent 102091715 A Chinese, IPC B 09 C 1/00; B 09 C 1/10. Method for Remediating Oil-Contaminated Soil by Using Gaillardia Aristata Pursh Flower Plants. Applicant: Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences. No. CN200910220675 20091211; Applied for on 15.06.11.
46. Pankov D. M. 2011, Patent 2437263 C1 Russian Federation, IPC A 01 B 79/02, B 09 B 1/00, B 65 F 5/00. Method for Reclaiming Marsh Lands. Applicant: Altai State Academy of Education Named After V. M. Shukshin, no. 2010124974/13; Applied for on 17.06.10; Published on 27.12.11. (*In Russ.*)
47. Sharapova I. E., Maslova S. P., Tabalenkova G. N., Garabadzhiu A. V., Archegova I. B., Taskaev A. I. 2012, Patent 2440199 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00. Rhizome Method of Phytoreclamation of Soil from Oil and Oil Products. Applicant: Institute of Biology, Kola Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, no. 2010123987/13; Applied for on 11.06.10; Published on 20.01.12. (*In Russ.*)
48. Zaalishvili V. B., Bekuzarova S. A., Burdzieva O. G., Mazhiev Adam H., Mazhiev Aslan Kh. 2017, Patent 2620658 C1 Russian Federation, IPC A 01 B 79/02. Method for Restoring Oil-Contaminated Lands. Applicant: Geophysical Institute of the Vladimir Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kh. I. Ibragimov Integrated Research Institute of the Russian Academy of Sciences, no. 2016113624; Applied for on 08.04.16; Published on 29.05.2017, Bulletin no. 16. (*In Russ.*)
49. Isaeva A. U.; Bishimbayev V. K.; Sattarova A. M. 2016, Patent EA201690587 A1 Kazakhstan, IPC B 09 C1/10. Method for Biological Saline Soil Cleaning of Petroleum Products and Salt Content. Applicant: M. Auevov South Kazakhstan State University, Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, no. EA201690587; Published on 12.04.16. (*In Russ.*)
50. Lushnikov S. V., Tereshchenko N. N. 2008, Patent 2323790 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/08. Method for Reclaiming Soil Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: OOO Scientific and Technical Association Priborservis, no. 2006142155/15; Applied for on 28.11.06; Published on 10.05.08. (*In Russ.*)
51. Tolstoray V. I., Lopatin K. I., Chemyakin A. N., Zhenikhov Yu. N., Suvorov V. I., Panov V. V. 2008, Patent 2323052 C1 Russian Federation, IPC B 09 B 1/00, A 01 B 79/02. Method for Reclaiming Oil-Contaminated Surfaces of Peat Bogs, no. 2006128427/15. Applied for on 04.08.06; Published on 27.04.08. (*In Russ.*)
52. Gurevsky Yu. E., Bukhtoyarova Ya. Yu. 2014, Patent 2520145 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/00. Peaty Man-Made Soil for Reclamation of Oil-Contaminated and Disturbed Lands. Applicant: OOO Hydromechanized Works, no. 2013103657/13. Applied for on 29.01.13; Published on 20.06.14, Bulletin no. 17. (*In Russ.*)
53. Usmanov A. I., Antoninova N. Yu., Sobenin A. V., Semin A. N., Dedkov O. V., Nelogova E. A. 2022, Patent 2766361 C1 Russian Federation, IPC B 09 C 1/08. Peat-diatomaceous Ameliorant for Reclamation of Lands Contaminated with Oil and Oil Products. Applicant: OOO Ecolnnovator,

no. 2021106690; Applied for on 15.03.21; Published on 15.03.22. (*In Russ.*)

54. Antoninova N. Yu., Usmanov A. I., Sobenin A. V., Kuznetsova Ya. A. 2023, Experimental Database for Assessing Phytotoxicity of Oil-Contaminated Soils Reclaimed with Peat-Diatomaceous Ameliorants (PDA). Applicant: Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, no. 2023623558; Applied for on 10/27/23; Published on 11/14/23; Official Database Certificate no. 2023623956 RF. (*In Russ.*)

The article was received on January 23, 2025