

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОДЕСТРУКТОРА «ДЕВОРОЙЛ» ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ БРЕСТСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

О. Г. ГОРОВЫХ¹⁾, С. В. БУДЬКО²⁾, К. Ф. САЕВИЧ³⁾

¹⁾Минский городской технопарк,
ул. Солтыса 187, 220070, г. Минск, Беларусь

²⁾Белорусская железная дорога,
ул. Ленина, 17, 220030, г. Минск, Беларусь

³⁾Белорусский государственный экономический университет,
Партизанский пр., 26, 220070, г. Минск, Беларусь

Актуализируется экологическая проблема загрязнения нефтепродуктами земель территорий организаций Белорусской железной дороги. Рассмотрены основания выбора препарата «Деворойл» для проведения очистки загрязненных участков от выветренных и битуминизованных нефтепродуктов. Приведены результаты исследований содержания нефтепродуктов на территории структурных подразделений Брестского отделения Белорусской железной дороги, загрязнения которыми достигали величины 84900 мг_{нефтепрод.}/г_{почвы}. Отмечено, что наиболее загрязненными являются грунты между шпалами отдельных путей. Исследования биоремедиации проводили как на специальной площадке (*ex situ*), так и непосредственно на месте загрязнения (*in situ*). Загрязненные нефтепродуктами почвы обеззараживали с использованием биодеструктора «Деворойл» в весенне-осенний период на протяжении шести лет. Установлено, что за один весенне-осенний период снижение содержания нефтепродуктов в замазученных почвах может достигать 90 %. Однако достижение норм ПДК, даже при повышении содержания препарата «Деворойл» и двукратной обработки в течение одного сезона, достичь не удалось.

Ключевые слова: нефтяные загрязнения; почва; биодеструкторы.

Образец цитирования:

Горовых ОГ, Будько СВ, Саевич КФ. Опыт использования биодеструктора «Деворойл» для очистки почв Брестского отделения железной дороги от нефтяных загрязнений. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2022;2:81–87.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-2-81-87>

For citation:

Gorovyykh OG, Budko SV, Saevich KF. Experience of using the biodestructor *Devoroil* for cleaning soils of railway sections from oil contaminations. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2022;2:81–87. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-2-81-87>

Авторы:

Ольга Геннадьевна Горовых – кандидат технических наук, доцент; начальник лаборатории.

Светлана Викторовна Будько – заместитель начальника отдела охраны труда службы охраны труда и промышленной безопасности.

Константин Федорович Саевич – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры физикохимии материалов и производственных технологий.

Authors:

Olga G. Gorovyykh, PhD (engineering), docent; head of the laboratory.

olgreda@tut.by

Sviatlana V. Budko, deputy head of the labor protection department of the labor protection and industrial safety service.
sviatlana.budzko@gmail.com

Konstantin F. Saevich, doctor of science (biology), full professor; professor at the department of physical chemistry of materials and production technologies.
saevich@tut.by

EXPERIENCE OF USING THE BIODESTRUCTOR *DEVOROIL* FOR CLEANING SOILS OF RAILWAY SECTIONS FROM OIL CONTAMINATIONS

O. G. GOROVYKH^a, S. V. BUDKO^b, K. F. SAEVICH^c

^a*Minsk City Technopark,
187 Soltysa Street, Minsk 220070, Belarus*

^b*Belarusian Railway,
17 Lenina Street, Minsk 220030, Belarus*

^c*Belarusian State Economic University,
26 Parcizanski Avenue, Minsk 220070, Belarus*

Corresponding author: O. G. Gorovykh (olgreda@tut.by)

The actual environmental problem of pollution of the territories of the Belarusian Railway organizations by oil products is considered. The grounds for choosing the drug «Devoroil» for cleaning contaminated areas from weathered and bituminized oil products are considered. The results of studies of the content of oil products in the territory of the structural subdivisions of the Brest branch of the Belarusian Railway are given, pollution reached a value of 84900 mg oil products/soil. It is noted that the most polluted are the soils between the sleepers of individual tracks. Bioremediation studies were carried out both on a special site (*ex situ*) and directly at the site of contamination (*in situ*). Soils contaminated with oil products were disinfected using the Devoroil biodestructor in the spring-autumn period for six years. It has been established that in one spring-autumn period, the decrease in the content of oil products in oil-contaminated soils can reach 90 %. However, the achievement of MPC standards, even with an increase in the content of the Devoroil preparation and a double treatment during one season, was not achieved.

Keywords: oil pollution; soil; biodegradants.

Введение

При хозяйственной деятельности структурных подразделений железной дороги такие объекты, как площадки локомотивных депо, вагонных депо, промывочно-пропарочных станций, полотна железной дороги и прилегающие к ним, а также ряд других территорий подвергаются постоянному загрязнению земляного (почвенного) горизонта нефтепродуктами. Основными загрязнителями являются дизельное и котельные топлива, горюче-смазочные материалы и растворители. Причем поступление данных загрязнителей происходит на одних и тех же участках десятилетиями. Снятие грунта и вывоз его на специальные предприятия по переработке во многих случаях затруднителен из-за специфики эксплуатации участков железной дороги, а также ощутимых финансовых затрат. Почва обладает мощной самоочищающей способностью. Вместе с тем ее способность к самоочищению имеет свои границы. Период самовосстановления растительного покрова после загрязнения его нефтью и нефтепродуктами длителен и составляет от 7,5 лет до 20 лет [1; 2].

Биоразложение нефтепродуктов относится к естественным процессам разложения углеводов до углекислого газа и воды, протекающее благодаря широко распространенным в природе микроорганизмам, использующим углеводороды в качестве питательного субстрата. Именно им принадлежит роль самоочищения природных объектов (почвы, воды) от нефтепродуктов. Интенсивность процессов зависит от различных факторов, обуславливающих активность микроорганизмов – нефтедеструкторов в составе микробиоценоза загрязненного объекта («микробов-аборигенов»). В первую очередь самоочищение зависит от активной деятельности всей совокупности живых её обитателей: различных видов бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей, простейших, червей, личинок насекомых [3]. Описано 22 рода бактерий, 31 род микроскопических грибов, 19 родов дрожжей, выделенных из почвенных экосистем, способных к биодegradации нефтяных углеводов [4; 5]. В последнее время большое внимание уделяется разработке способов биологической рекультивации нефтезагрязненных почв. В [6] отмечается, что только в Российской Федерации за 1983–2008 гг. количество патентов в данной области составило 97, а в Японии 98 изобретений. В основе способов биологической очистки нефтезагрязненных почв лежит активация процессов микробиологической деструкции нефти в почве с использованием биопрепаратов [7; 8].

Монобактериальные препараты характеризуются более узкой специфичностью по отношению к индивидуальным углеводородам, более узким интервалом pH, оптимальным для активности микроорганизмов, а также интервалом солености, температуры, концентрации углеводов. Полибактериальные препараты имеют более широкие адаптационные и экологические возможности для использования. Биопрепараты представляют собой массу жизнеспособных клеток микроорганизмов – биодеструкторов и различаются используемыми для их получения штаммами, которые характеризуются такими физиолого-биохимическими

свойствами, как термотолерантность, осмофильность, оптимальные для роста значения pH, способность включать в метаболические процессы разные классы углеводов и спектры алканов. Обозначилась тенденция разработки собственных биопрепаратов в каждой стране, так как подбор микроорганизмов – деструкторов углеводов, не вызывал особых проблем и сложностей. Поэтому в 1970-х гг. начали разрабатывать и к сегодняшнему времени разработали достаточное количество различных биопрепаратов. В том числе и в Беларуси разработали, начиная с 90-х годов, биодеструктор нефти «Экобел»¹ и препараты «Родобел», «Родобел-Т»² и «Родобел-ТН»³, производители которого гарантирует очистку почвы с уровнем загрязнения до 10 кг/м², деградацию алифатических компонентов нефти за 5 месяцев – 100 %, ароматических – 85 % (при плюсовой температуре).

Замазученные нефтепродуктами (дизельное топливо, отработанные масло, горюче-смазочные материалы и растворители) грунты на территориях, принадлежащих Белорусской железной дороге, имеют третий класс опасности и не могут размещаться на полигонах бытовых отходов. Следует подчеркнуть, что специализированные полигоны находятся на достаточно большом расстоянии от площадок отделений железной дороги и требуют дополнительных транспортных, физических и финансовых затрат. При выборе биодеструкторов нефти и нефтепродуктов рассматривались биопрепараты производства Республики Беларусь и препарат российского производства «Деворойл». В табл. 1 представлены характеристики рассматриваемых препаратов по таким показателям, как интервал рабочих температур, максимальная исходная концентрация загрязнителя в почве, количество биопрепарата, необходимое для переработки 1 т нефти и глубина биодеструкции.

Таблица 1

Сравнительная характеристика препаратов биодеструкторов

Table 1

Comparative characteristics of biodestructor preparations

Марка биопрепарата	Рекомендуемая концентрация нефти в почве, % (Г _{нефти} /кг _{грунта})	Температурный интервал, °С	Время биодеструкции	Соотношение нефть : биопрепарат
Родобел-Т	0,5 (5)	10–40	За 2 месяца в весенне-осенний период очистка почвы на 97–99 % [11]	3:1 торф 40:1 объем. Биопрепарат 25 кг на 1 т нефти
Экобел	До 10 кг/м ²	15–32	Три месяца разложение	40:1 масс.
Деворойл [12]	25 (250)	5–45 °С	20–60 сут.	1 кг на 1000 кг нефти

Цель исследования – изучение эффективности применения биологического препарата «Деворойл» для очищения от нефтяных загрязнений почв и грунтов на площадках структурных подразделений РУП «Брестское отделение Белорусской железной дороги».

Материалы и методы исследования

На основе анализа данных, представленных в табл. 1, было принято решение проводить обработку почвы препаратом «Деворойл», поскольку, в соответствии с техническими характеристиками, он может использоваться в более широком интервале температур, его можно наносить на замазученные грунты с содержанием нефтепродуктов до 25 % и при применении требуется небольшое количество. Для разложения 1 т нефти необходимо в 40 раз меньшее количество препарата, чем при использовании, например, препаратов «Экобел» и «Родобел».

Препарат «Экобел» содержит штаммы микроорганизмов-деструкторов рода *Rhodococcus*, «Родобел-ТН» представляет собой биомассу микроорганизмов-деструкторов углеводов нефти рода *Bacillus* и *Rhodococcus*, иммобилизованных на торфе, а препарат «Деворойл» кроме медленно растущих и быстросрастущих 3 штаммов *Rhodococcus spp.*, содержит также штаммы *Alcaligenes sp.*, *Jarrowia lipolytica* и некоторые др. Поэтому для очистки загрязненных нефтепродуктами территорий использовался микробиологический метод, апробируя биопрепарат «Деворойл».

¹Экобел. Микробный препарат для ликвидации последствий аварийных разливов нефти на почве и воде [Электронный ресурс]. URL: <http://mbio.bas-net.by/prod/ecobel/> (дата обращения: 1.02.2022).

²ТУ РБ 03535144.010-96. Биодеструктор нефтепродуктов «Родобел-Т» [Электронный ресурс]. URL: <http://belneftesorb.by/destruktor-nefti/> (дата обращения: 1.02.2022).

³Родобел-ТН. Биосорбционный препарат и его микробная составляющая для очистки и рекультивации почвы от нефти и продуктов ее переработки [Электронный ресурс]. URL: <http://mbio.bas-net.by/prod/rhodobel-tn> (дата обращения: 1.02.2022).

Препарат «Деворойл» – это мелкозернистый порошок, содержащий сообщество пяти углеводород-окисляющих бактерий и дрожжей, в состав которых включены такие лиофильные гидрофобные микроорганизмы, как бактерии, окисляющие нефтяные алканы с длиной цепи C_9 – C_{30} и ароматические соединения, а также дрожжи, имеющие высокую нефтеокисляющую активность. Препарат «Деворойл»⁴ рекомендуется использовать при кислотности среды, находящейся в интервале $pH = 5,5$ – $9,5$, рабочих температурах 15 – 37 °С, солёности не более 150 г/дм³. Разработчики гарантируют, что после его применения должны оставаться легко разлагающийся бактериальный белок и экологически безопасные продукты разложения углеводородов нефти. В соответствии с данными производителя препарата «Деворойл», процесс разложения нефтепродуктов составляет от 20 до 60 сут. Он зависит от характера нефтепродуктов, концентрации, механического состава грунта, погодных условий.

Результаты исследования и их обсуждение

Апробация препарата «Деворойл», проводилась в течение четырех лет (с 2005 по 2008 г.) на территории локомотивного депо РУП «Брестское отделение Белорусской железной дороги», а его использование продолжалось вплоть до 2012 г. Биопрепарат «Деворойл» применяли как на специально оборудованной для проведения испытаний площадке (*ex situ*), так и непосредственно на территории депо без подрезки грунта (*in situ*). Необходимо было установить возможность проведения очистки почв (*ex situ*) для использования или не использования данного метода в реальных условиях при многолетних изменениях с поступившими в почву нефтепродуктами (выветривание и битуминизация).

Результаты исследований показали, что нефтезагрязненные грунты, подлежащие утилизации, состояли из твердых частиц, различающихся по составу и размерам. Грунты имели высокую зольность. Групповой состав нефтяных загрязнений, %:

- алифатические углеводороды – 10–25,
- ароматические углеводороды – 15–40,
- смолы и асфальтены – 40–60.

Грунт также содержал соединения тяжелых металлов в количествах (мг/кг): марганец 0,04–0,05; железо 0,08–0,8; хром 0,01–0,05; цинк 0,02–0,04. Наличие тяжелых металлов также явилось основанием для использования препарата «Деворойл», поскольку в рекламных материалах обозначалась возможность его использования при их наличии⁵.

Перед началом апробации препарата «Деворойл» определялась степень загрязнения территории отделений ж/д г. Брест. Для этого было отобрано 14 проб с различных участков отделения железной дороги, кроме того, пробы отбирались с различного почвенного горизонта 0, 20 и 60 см. Схема отбора проб и содержание нефтепродуктов в них представлены на рис. 1 и табл. 2.

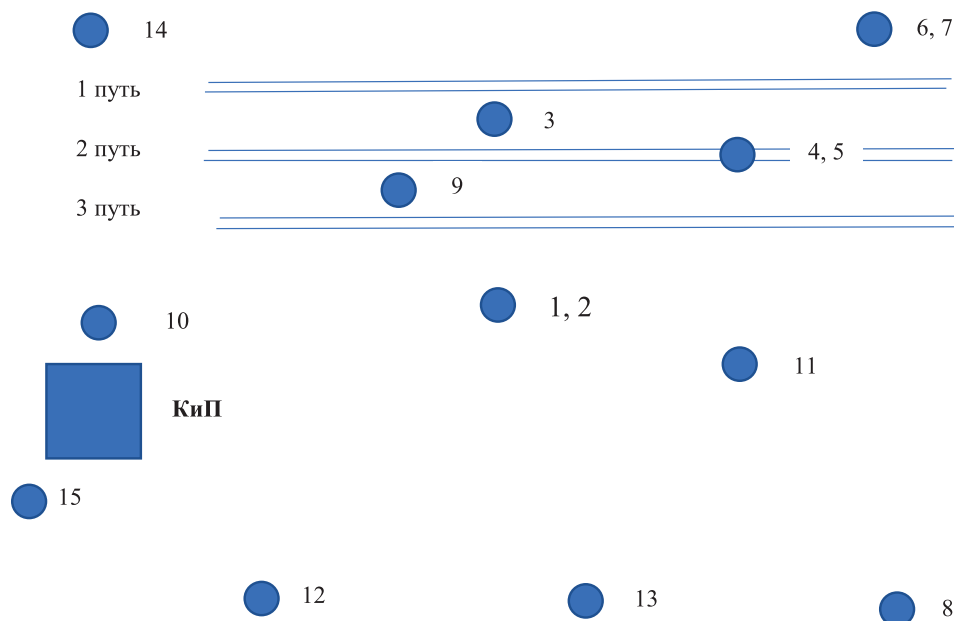


Рис. 1. Схема отбора проб с территории отделений ж/д г. Брест

Fig. 1. Scheme of sampling from the territory of railway departments in Brest

⁴ТУ 9291-033-45181233-2011. Биологический препарат «Деворойл» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sitistroi.ru/devoroi> (дата обращения: 1.02.2022).

⁵Там же.

Таблица 2

Исходное содержание нефтепродуктов в точках отбора

Table 2

Initial content of oil products at sampling points

№ пробы отбора на рис. 1	Глубина отбора проб, см	Содержание нефтепродуктов, мг/г	№ пробы отбора на рис. 1	Глубина отбора проб, см	Содержание нефтепродуктов, мг/г
1	20	743	8	20	80
2	60	47	9	0	330
3	20	587	10	20	388
4	20	5288	11	20	642
5	60	49	12	20	581
6	20	859	13	20	1696
7	60	105	14	20	84900
15 контрольная проба				20	49

Данные табл. 2 свидетельствуют, что максимальное содержание нефтепродуктов доходило до 84500 г/кг_{почвы}. Оно является очень большой величиной даже для препарата «Деворойл». Нефтепродукты в местах высокого содержания в почве представляли собой агломерированные частицы сильно выветрившихся нефтепродуктов, которые в иных местах удаляют механически, без использования биодеструкторов. Для проведения производственного опыта были выбраны участки с различным уровнем загрязнения нефтяными углеводородами. Наибольшее загрязнение было выявлено на глубине 20 см на участке отстоя тепловозов пункта технического обслуживания тепловозов, складе топлива, возле топливо раздаточных колонок, местах, где в течение 24 ч происходит работа с нефтепродуктами.

Уровень загрязнения резко снижался с увеличением глубины отбора пробы. Например, пробы, отобранные с почвенного горизонта 20 и 60 см в одном и том же месте, по уровню загрязнения отличались от 8 (точки отбора 6 и 7) до 15 раз (точки отбора 1 и 2).

Анализ почв на содержание углеводородов нефти проводился Научно-исследовательским центром экологической безопасности на транспорте БелГУТа на анализаторе жидкости «Флюорат» по методике измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв⁶.

С участков, содержащих высокую концентрацию нефтепродуктов, была проведена подрезка грунта на глубину 60 см и размещена на экспериментальной площадке. Общее количество снятого грунта составило 6 т. Площадка для проведения эксперимента и очистки замазученного грунта представляла собой забетонированную площадку размером 10×20 м, с обвалованием высотой 0,7 м и имела в основании водоупорный слой для предотвращения миграции фильтрата. Усредненная концентрация нефтепродуктов в грунте, размещенном на площадке, составляла 6878 мг/кг. Площадку разбили на 2 карты. Первоначально на каждую карту нанесли и равномерно распределили по всей поверхности опилки (в качестве структуратора-мелиоранта) слоем 15–20 см, затем поместили замазученный грунт слоем 30 см, перемешали вместе со структуратором-мелиорантом и обработали препаратом «Деворойл». После нанесения препарата еще раз тщательно перемешали и увлажнили. Для активации окислительной способности микроорганизмов, содержащихся в препарате «Деворойл», было внесено минеральное удобрение – диаммофос. В течение 14 дней биопрепарат вносили на каждую карту еще по два раза, при этом период между внесением биопрепарата на картах был различным. Орошение проводили 1%-ным раствором биопрепарата «Деворойл», используя по 3 дм³ раствора на 1 м² площади. Эффективность работы препарата «Деворойл» оценивали по степени деструкции нефтяных углеводородов.

Через 30 дней на испытательной площадке был проведен отбор 8 проб с разных уровней, затем определено в них содержание нефтепродуктов. Результаты измерений приведены в табл. 3.

⁶Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «флюорат-02» (м 03-03-2012): утвержд. директором ФБУ «Центр экологического контроля и анализа» 10.08.2003 г. Москва: Люмэкс; 2007. 26 с.

Таблица 3

Остаточное количество нефтепродуктов в отобранных пробах на испытательной площадке

Table 3

Residual amount of oil products in samples taken at the test site

№ пробы	Глубина отбора проб, см	Содержание нефтепродуктов, мг/г	№ пробы	Глубина отбора проб, см	Содержание нефтепродуктов, мг/г
1	0	166	5	0	267
2	30	133	6	0	300
3	0	265	7	0	202
4	30	120	8	30	178

Среднее содержание нефтепродуктов на испытательной площадке составило 204 мг/кг, среднее снижение углеводородов достигло 33 раз, причем на нулевом уровне снижение произошло в 28 раз, а на глубине 30 см в 47 раз, свидетельствующее о том, что на данном уровне температурный режим был более постоянный и менее зависел от суточных перепадов температур. Содержание кислорода и влажность, поддерживаемые постоянным перемешиванием и увлажнением, не являлись определяющими факторами на разных уровнях.

Площадки с неподрезанным загрязненным углеводородами грунтом также подвергли обработке раствором препарата «Деворойл», внесли опилки и осуществили перемешивание. Проводимые операции, их последовательность и интенсивность были аналогичны тем, которые выполнялись на специальной площадке.

На участке с неподрезанным грунтом с начальным содержанием нефтепродуктов 84900 мг/кг по истечении 20 суток содержание нефтепродуктов снизилось до 2359 мг/кг (снижение в 35 раз или на 97 %), а по истечении следующих 15–20 сут. (различное время для различных участков) оно составляло в среднем 1001 мг/кг (снижение в 2,3 раза или на 57,6 %). Таким образом, скорость деструкции нефтепродуктов за последующие 20 сут. существенно снизилась. Так как в этот период времени также проводилось орошение грунта препаратом «Деворойл», можно предположить, что скорость деструкции снизилась из-за того, что формы углеводородов, оставшихся в почве, труднодоступны для разложения данным сообществом микроорганизмов.

В вегетационный период последующих годов работы по применению биодеструктора «Деворойл» были продолжены. В табл. 4 приведены объемы обработанного грунта и количество препарата «Деворойл», использованного на его обработку.

Таблица 4

Объемы обработанного грунта

Table 4

Volumes of treated soil

Год	Количество биопрепарата, кг	Масса подрезанного грунта, т	Площадь не подрезанного грунта, м ²
2006	135	60	—
2006	75	—	1120
2007 (март – август)	80	40	1200
2008	60	—	1150

В 2010 г. за вегетационный период снижение содержания углеводородов на промплощадке составило 99,6 % (с 44060 до 187 мг/кг), а в 2011 г. на 96 % (с 154895 до 6196 мг/кг).

Данные факты могут быть объяснены высокой степенью выветривания и битуминизации накопившихся за десятилетия нефтепродуктов, когда некоторые формы становятся недоступны для микроорганизмов. Снижение содержания нефтепродуктов непосредственно на месте загрязнения было меньшим, чем на специальной площадке. Среднее содержание нефтепродуктов на испытательной площадке после проведения биоремедиации составило 204 мг/кг, снижение углеводородов достигло 33 раз, причем на нулевом уровне

снижение произошло в 28, а на глубине 30 см в 47 раз. Это свидетельствует о том, что на данном уровне температурный режим был более постоянным и менее зависел от суточных перепадов температур, а содержание кислорода и влажность, поддерживаемые постоянным перемешиванием и увлажнением, не являлись определяющими факторами на разных уровнях. Обеззараженные грунты предлагается использовать для подсыпки полотна железной дороги.

Заключение

В результате проведенных исследований авторы пришли к следующим выводам.

1. При многолетнем загрязнении грунтов территории Брестского депо и проникновение нефтепродуктов на глубину 60 см и более, самым загрязненным оказался слой на глубине 20 см.
2. Максимальная выявленная концентрация нефтепродуктов достигала величины 154895 мг/кг, что превышает ПДК углеводородов нефти в почве в 3098 раз.
3. Снижение содержания нефтепродуктов в почве при использовании препарата «Деворойл» за первые двадцать суток составило 97 %, за общий период 40 сут. – 98,8 %.
4. После 8 лет применения препарата на территории Брестского отделения железной дороги почвы все также не соответствовали требованиям норм по содержанию нефтепродуктов и относились к загрязненным.
5. Степень загрязнения обрабатываемых почв значительно уменьшилась и загрязненные грунты стали соответствовать IV классу, что позволило их использовать для подсыпки дорог и иных видов хозяйственной деятельности участков железной дороги.

Библиографические ссылки

1. Бузмаков СА. Восстановление земель при различных уровнях загрязнения нефтью. *Записки Горного института*. 2013;203:128–132.
2. Коршунов ТЮ, Четвериков СП, Бакаев МД, Кузин ЕВ, Рафиков ГФ, Четверикова ДВ, Логинов ОН. Микроорганизмы в ликвидации последствий нефтяного загрязнения (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2019;55(4):338–349.
3. Золотарева АА. Микробно-биотехногенный метод очистки почв от нефти и нефтепродуктов. *Национальная ассоциация ученых*. 2017;6(33):7–8.
4. Бузмаков СА. Восстановление земель при различных уровнях загрязнения нефтью. *Записки Горного института*. 2013;203:128–132.
5. Мельник ОА. Рекультивация загрязненных нефтепродуктами почв. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021;12(114):85–88.
6. Водянова МА, Хабарова ЕИ, Донерьян ЛГ. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биодegradации нефти в почве. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2010;7:253–258.
7. Султанова ГД, Абдуллаева МЯ. Очистка нефтезагрязненных земель в климатических условиях Азербайджана. *Бюллетень науки и практики*. 2021;7(7):31–38.
8. Ивасишин ПЛ. Ликвидация последствий нефтеразливов посредством биоразлагающих сорбентов. *Территория Нефтегаз*. 2009;6:70–77.

References

1. Buzmakov SA. *Vosstanovleniye zemel' pri razlichnykh urovnyakh zagryazneniya nefi'yu* [Restoration of lands at various levels of oil pollution]. *Zapiski Gornogo instituta*. 2013;203:128–132. Russian.
2. Korshunov TYu, Chetverikov SP, Bakaev MD, Kuzin EV, Rafikov GF, Chetverikova DV, Loginov ON. *Mikroorganizmy v likvidatsii posledstviy neftyanogo zagryazneniya (obzor)* [Microorganisms in the elimination of the consequences of oil pollution (review)]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2019;55(4):338–349. Russian.
3. Zolotareva AA. *Mikrobno-biotekhnogenyy metod ochistki pochv ot nefi i nefteproduktov* [Microbio-biotechnogenic method of cleaning soils from oil and oil products]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh*. 2017;6(33):7–8. Russian.
4. Buzmakov SA. *Vosstanovleniye zemel' pri razlichnykh urovnyakh zagryazneniya nefi'yu* [Restoration of lands at various levels of oil pollution]. *Zapiski Gornogo instituta*. 2013;203:128–132. Russian.
5. Melnik OA. *Rekul'tivatsiya zagryaznennykh nefteproduktami pochv* [Reclamation of soils polluted with oil products]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2021;12(114):85–88. Russian.
6. Vodyanova MA, Khabarova EI, Doneryan LG. *Analiz sushchestvuyushchikh mikrobiologicheskikh preparatov, ispol'zuyemykh dlya biodegradatsii nefi v pochve* [Analysis of existing microbiological preparations used for oil biodegradation in soil]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal)*. 2010;7:253–258. Russian.
7. Sultanova GD, Abdullaeva MYa. *Ochistka nefiezagryaznennykh zemel' v klimaticheskikh usloviyakh Azerbaydzhana* [Cleaning of oil-contaminated lands in the climatic conditions of Azerbaijan]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2021;7(7):31–38. Russian.
8. Ivashishin PL. *Likvidatsiya posledstviy nefterazlivov posredstvom biorazlagayushchikh sorbentov* [Elimination of the consequences of oil spills by means of biodegradable sorbents]. *Territoriya Neftegaz*. 2009;6:70–77. Russian.

Статья поступила в редакцию 19.04.2022.
Received by editorial board 19.04.2022.