

Научная статья
УДК 502.36
doi: 10.46684/2023.2.199-207

Рециклинг грунтов для строительства земляного полотна железных дорог

О.В. Голубев^{1✉}, А.М. Филатова²

^{1,2} Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС); г. Екатеринбург, Россия

¹ golubev@usurt.ru^{1✉}; <https://orcid.org/0000-0002-6287-4972>

² annafi1a70va@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен актуальный вопрос обращения со строительными отходами на примере грунта при строительстве земляного полотна железнодорожного пути. Перечислены основные требования к грунтам земляного полотна, как одного из составляющих железнодорожного пути, обеспечивающих безопасность движения подвижного состава. Даны определения строительным отходам и рециклингу; приведена классификация отходов, образующихся при демонтаже и ремонте железнодорожного путевого хозяйства, в соответствии с нормативными документами. Указаны преимущества, главная задача рециклинга, а также ключевые причины, исключающие данный способ в решении проблемы избавления от строительных отходов. Определены основные загрязнители грунта, который снимается при ремонте железнодорожного полотна. Показаны методы утилизации грунтов для строительства земляного полотна железных дорог, содержащих нефтяные и органические включения. Приведены способы извлечения нефтепродуктов в зависимости от степени загрязнения и условий местности с учетом эффективности и экологической безопасности: физико-химический метод, вырезка верхнего слоя грунта, промывка высоконапорными струями воды и откачиванием пульпы, микробиологическая очистка, промывка с применением дренажных систем, капиллярное поглощение пористыми материалами и другие. Способы переработки торфа: получение гранул, пиролиз, гидролиз.

Ключевые слова: земляное полотно; рециклинг; строительные отходы; методы утилизации; переработка торфа; нефтесодержащие отходы; экологические методы; переработка и утилизация отходов; земляное полотно железных дорог

Для цитирования: Голубев О.В., Филатова А.М. Рециклинг грунтов для строительства земляного полотна железных дорог // Техник транспорта: образование и практика. 2023. Т. 4. Вып. 2. С. 199–207. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.2.199-207>.

Original article

Recycling of grounds for the construction of the railway subgrade

Oleg V. Golubev^{1✉}, Anna M. Filatova²

^{1,2} Ural State University of Railway Transport (USURT); Yekaterinburg, Russian Federation

¹ golubev@usurt.ru^{1✉}; <https://orcid.org/0000-0002-6287-4972>

² annafi1a70va@yandex.ru

ABSTRACT

The relevance of the issue of construction waste management is considered on the example of soil during the construction of the railway track. The main requirements for the soils of the subgrade, as one of the components of the railway track, ensuring the safety of rolling stock movement, are listed. Definitions of construction waste and recycling are given; classification of waste generated during the dismantling and repair of railway track facilities in accordance with regulatory documents. The advantages, the main task of recycling, as well as the main reasons that exclude this method in solving the problem of getting rid of construction waste are indicated. The main pollutants of the soil, which is removed during the repair of the railway track, have been identified. The methods of utilization of soils for the construction of the railway subgrade containing petroleum and organic inclusions are considered. The main methods of extracting petroleum products, depending on the degree of contamination and terrain conditions, taking into account efficiency and environmental safety: physico-chemical method, cutting out the top layer of soil, washing with high-pressure water jets and pumping out pulp, microbiological cleaning,

© О.В. Голубев, А.М. Филатова, 2023

washing using drainage systems, capillary absorption of porous materials and others. Peat processing methods: production of pellets, pyrolysis, hydrolysis.

Keywords: subgrade; recycling; construction waste; disposal methods; peat processing; oil-containing waste; environmental methods; waste processing and disposal; the railway subgrade

For citation: Golubev O.V., Filatova A.M. Recycling of grounds for the construction of the railway subgrade. *Transport technician: education and practice*. 2023;4(2):199-207. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.2.199-207>.

ВВЕДЕНИЕ

В ситуации развития и укрепления современного общества потребления увеличивается значение вопроса рециклинга как важнейшего условия рациональной эксплуатации ресурсов природы. Приоритетное место среди загрязнителей окружающей среды занимает строительство. Его воздействие как одного из мощных антропогенных факторов по своему характеру разнообразно и происходит на всех этапах строительной деятельности от добычи стройматериалов до сноса сооружения.

Строительство, представляя собой отрасль народного хозяйства, нуждается в большом количестве сырья, ресурсах энергетических и водных. Потребляются щебень, камень, песок, глина и другие ископаемые, которые извлекаются открытым способом (90 % карьеров приходится на строительные нужды) [1]. Занимая ежегодно 15 тыс. га земли, более 20 видов полезных ископаемых добывается предприятиями промышленности строительных материалов. Так, при открытой добыче уничтожается растительный покров, разрушается и загрязняется почвенный слой, изменяется водный режим и воздух, исчезает фауна. Исключается из производства сельского хозяйства большая площадь земли, которая используется под карьеры, пути к ним и отвалы вскрышной породы.

Строительная индустрия стремительно развивается, с каждым годом увеличиваются масштабы проблемы ресурсосбережения. В то же время множество научных работ рассматривают различные подходы к созданию эффективной системы обращения с отходами, предоставляя реальную возможность использования переработанного материала частично или полностью как замену новым, необходимым в конкретной области.

Таким образом, необходимость переработки и повторного использования (рециклинг) связана с рядом факторов:

- отходы, которые попадают в окружающую среду, становятся загрязнителями;
- ресурсы большинства материалов на земле невозобновимы;
- отходы, как вторичный ресурс, более дешевые, чем материалы из природных источников.

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

Основными составляющими железнодорожного пути являются верхнее строение пути (ВСП), земляное полотно (ЗП) и искусственные сооружения (ИССО).

Земляное полотно — это комплекс грунтовых сооружений, результат обработки поверхности земли, предназначен для укладки ВСП, а также обеспечения устойчивости пути, защиты от воздействия вод (атмосферных и грунтовых). При этом на всем протяжении железнодорожного пути в течение всего срока эксплуатации (до его реконструкции или капитального ремонта) по техническим характеристикам ЗП должно обеспечиваться его стабильное положение, безопасное движение подвижного состава при заданных осевых нагрузках, грузонапряженности и скоростях (а также в связи с современными требованиями по увеличению скоростей движения — прочность основания под балластным слоем на виброустойчивость) [2].

Факторы, определяющие в общем случае работу, деформируемость и прочность ЗП и его основания:

- направление и характер, а также величина действующих нагрузок, эксплуатационные условия (динамические, вибрационные, статические воздействия; скорость и масса движения поездов, интенсивность движения и периодичность; нагрузка на ось подвижного состава);
- характеристики физико-механических свойств, состав, вид и строение грунтов;
- состояние и конструктивные показатели ВСП (наличие неровностей рельс, толщина слоя и вид балласта, тип шпал и рельсов, вид скреплений) [3].

Конструкция ЗП, его элементы приведены на рисунке.

Определяющей основой для проектирования ЗП служат материалы инженерно-геологических, инженерно-геодезических, инженерно-гидрометеорологических, гидрологических и гидрогеологических изысканий. Также при необходимости с целью получения дополнительных материалов в сложных условиях выполняются натурные определения прочностных и деформативных свойств

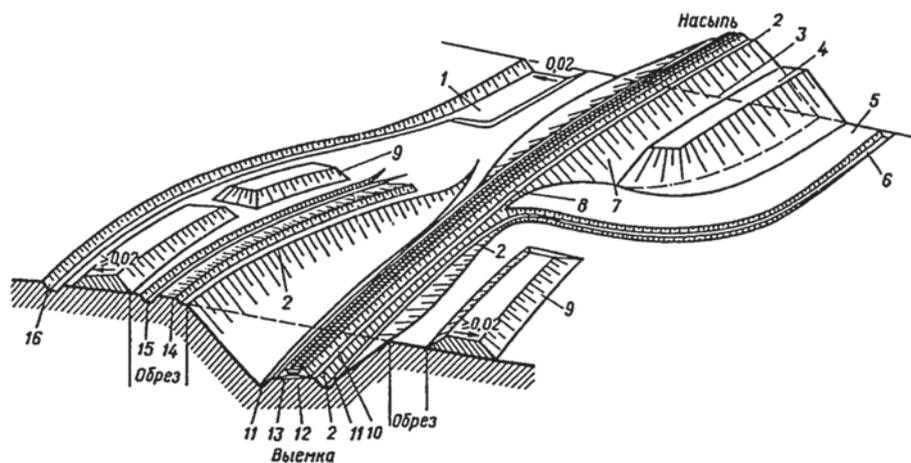


Рис. Элементы земляного полотна и связанные с ним устройства²: 1 – резерв; 2 – бровка; 3 – основание насыпи; 4 – контрбанкет; 5 – берма; 6 – водоотводная продольная канава; 7 – откос; 8 – нулевое место; 9 – кавальер; 10 – обочина; 11 – кювет; 12 – основная площадка; 13 – сливная призма; 14 – банкет; 15 – забанкетная канава; 16 – нагорная канава (уклон указан в тысячных долях)

грунтов основания; инженерно-сейсмологические и геокриологические, и другие изыскания¹.

Комплексами инженерных сооружений и устройств ЗП являются:

- выемки, насыпи, полувыемки, полунасыпи, полунасыпи-полувыемки, нулевые места;
- укрепительные (отсыпки горной массы, противоразмывные плитные покрытия, крепления скальных пород анкерные);
- для отведения поверхностных вод (продольные канавы нулевых мест и насыпей, кюветы, лотки, нагорные и забанкетные канавы выемок);
- для отведения и перехвата грунтовых вод (каптажные устройства, дренажи закрытые, открытые углубленные канавы);
- защитные (волногасители, волноотбойные стены, подпорные стены, струенаправляющие дамбы и другие сооружения);
- защитные от природных явлений (противооползневые, противообвальные, противоселевые и т.п.)³.

ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Грунты подразделяются на четыре класса по ГОСТ 25100-2020: дисперсные, скальные, мерзлые и техногенные⁴.

Применение грунтов учитывается для обеспечения надежности земляного полотна для отсыпки

насыпей. Плотность грунта важна при устройстве не только насыпей, но и основной площадки выемок и мест нулевых работ. Важно принимать во внимание характеристики грунтов при устройстве защитного слоя под балластной призмой и защите поверхностей земляного полотна и его сооружений от ветровой и водной эрозии [4].

Грунты используются для насыпей с учетом их состояния и свойств, а также особенностей условий в пределах места размещения проектируемого участка железнодорожного полотна и нахождения запасов грунта [табл. 4.1]¹. Без ограничений применяются скальные неразмываемые, выветривающиеся и слабовыветривающиеся, крупнообломочные с песчаным заполнителем и без, дренирующие пески и металлургические шлаки. Есть ограничения по условиям отсыпки в воду для пылеватых и мелких недренирующих песков, легких супесей (ограничения по влажности); по минимальному возвышению бровки насыпи на сырых и мокрых основаниях. Не допускаются в основную площадку, но могут применяться во всех случаях отсыпки насыпей при влажности, не превышающей установленную, грунты глинистые, крупнообломочные с глинистым заполнителем и скальные грунты легковыветривающиеся размягчаемые. Для отсыпки ядра насыпи на сухом основании допускаются (требуется индивидуальное проектирование, не допускаются для подтопляемых насыпей и под основную площадку) глинистые грунты с пределом текучести более 0,4 ($W_L > 0,4$), выветрелые и

¹ СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм.

² URL: <https://www.tdesant.ru/images/info/cp544/1.jpg>

³ Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути (утверждена приказом министра путей сообщения от 30.03.1998 № ЦП-544).

⁴ ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация.

размокаемые тальковые, глинистые и хлоритовые сланцы; выветрелые слюдястые и слюдяные сланцы, а также техногенные грунты.

Допускается использование золошлаковых смесей, материалов породных отвалов. При отсыпке грунта в воду для нижней части постоянно подтопленных насыпей рекомендовано применение скальных, крупнообломочных грунтов; гравелистых, крупных и средней крупности грунтов. Для периодически подтопляемых отсыпается нижняя часть дренирующими грунтами, песчанистыми супесями. С целью возведения средствами гидро-механизации рекомендовано использование песчано-гравелистых, гравийно-галечниковых и песчаных грунтов.

К непригодным (недопускаемым к применению) для ЗП грунтам относят:

- заторфованные с содержанием органических включений 10–15 % (для верхнего трехметрового слоя насыпей);
- с примесью органических веществ 3–10 % (под основной площадкой для верхнего метрового слоя насыпей);
- содержащие гипс (30 % для насыпей на сухом основании, 20 % на мокром, 5 % для подтопляемых насыпей);
- заторфованные грунты, содержащие более 15 % органических веществ (ил, мел, торф);
- глинистые с превышающей допустимую влажность, избыточно засоленные и сильнонабухающие, жирные глины¹.

В большинстве случаев для отсыпки насыпей обычно используется грунт, разрабатываемый при устройстве выемок, но не всегда данный способ является подходящим для всех участков. Так, окончательный выбор грунта, использование которого будет наиболее целесообразным, определяется на основе технико-экономического обоснования.

Таким образом, возведение ЗП железной дороги — это работа с большими объемами грунта, которой сопутствует образование строительных отходов.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОТХОДЫ

Регламентирована утилизация строительных отходов рядом нормативных документов. К ним относятся: федеральные законы от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», от

24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», Постановление Правительства РФ от 21.11.2011 № 957 «Об организации лицензирования отдельных видов деятельности», СанПиН 2.1.3684-21.

Существенной разницей между бытовыми и строительными отходами является то, что последние содержат большее количество вредных веществ, которые губительны как для окружающей среды, так и здоровья человека. Во Франции на строительные отходы приходится 70 %, в Нидерландах и Германии — 55 %, в Люксембурге девять из десяти тонн отходов приходится на душу населения. Большинство отходов относят к 3 и 4 классам опасности (совместно с бытовыми отходами выбрасывать нельзя) [5]. Для подбора правильного метода обработки используется система классификации, по которой отходы разделяются на типы и категории. К утилизации отходов строительства относят их захоронение на полигонах, сжигание, депонирование и переработку.

В соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ *отходы производства и потребления* — вещества или предметы, которые в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению⁵.

Под *строительными отходами* понимаются отходы, образующиеся в процессе сноса, разборки, реконструкции, ремонта (в том числе капитального) или строительства зданий, сооружений, промышленных объектов, дорог, инженерных и других коммуникаций⁶.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО)⁷ позиции отходов, образующихся при демонтаже, ремонте железнодорожного путевого хозяйства, соответствуют приведенным в *таблице*.

В соответствии с СП 2.1.7.1386-03 степень опасности грунта определяют в зависимости от воздействия на среду обитания и людей⁸:

- 1-й класс — чрезвычайно опасные;
- 2-й класс — высоко опасные;
- 3-й класс — умеренно опасные;
- 4-й класс — малоопасные;
- 5-й класс — неопасные.

При отсутствии загрязнений и вредных примесей может использоваться повторно. Если нет

⁵ Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (с изменениями на 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления».

⁶ ГОСТ Р 57678-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов.

⁷ Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 04.10.2021) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов».

⁸ СП 2.1.7.1386-03. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления (с изменениями на 31.03.2011).

Позиции отходов, образующихся при проведении строительных работ земляного полотна

Код ФККО	Наименование	Агрегатное состояние	Класс опасности
8 42 200 00 00 0	Отходы грунта, снятого при ремонте железнодорожного полотна		
8 42 201 01 49 3	Отходы грунта, снятого при ремонте железнодорожного полотна, загрязненного нефтепродуктами, умеренно опасные	49 – прочие сыпучие материалы	3
8 42 201 02 49 4	Отходы грунта, снятого при ремонте железнодорожного полотна, загрязненного нефтепродуктами, малоопасные		4

превышения по допускаемым показателям 4-го класса, может применяться за исключением территорий сельскохозяйственного назначения, территорий водоемов питьевого назначения, детских и лечебных учреждений и жилых зон, детских игровых площадок. Третьего класса возможно использовать также на участках озеленения с добавлением слоя незагрязненного грунта 0,2–0,5 м. Подлежат вывозу и утилизации на специально отведенных полигонах для 2-го и 1-го класса [6].

РЕЦИКЛИНГ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Таким образом, можно выделить два основных пути утилизации отходов строительства: переработка или рециклинг с применением специализированных технологий и средств; захоронение на специально отведенном полигоне.

Изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду называется *захоронением отходов*⁵.

Использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) — это *утилизация отходов*⁵.

Лучшим способом избавления от отходов по опыту лидеров стран Европы, Японии и США в сфере управления муниципальными отходами является сочетание переработки и сжигания перерабатываемых отходов, однако сжигание — не выход, а скорее «тупик», ведущий к экологической и климатической катастрофе. Необходимо стремиться к полному рециклингу (сортировке с разделением на фракции) и оптимизации его стадий на всех этапах работы.

Проблему утилизации за рубежом пытаются решать системно на государственном уровне. Как

показывает практика, решение экологических и экономических проблем, возникающих вследствие образования такого количества отходов, возможно только путем организации масштабной отрасли переработки.

Преимущества рециклинга:

- сбережение природных сырьевых ресурсов;
- снижение объемов захоронения отходов и потребности в транспортировке от отдельных сырьевых источников материалов и отходов на полигоны захоронения;
- из-за уменьшения добычи материалов и захоронения отходов — снижение нагрузки на природную среду [1].

Основные причины, мешающие рециклингу:

- отсутствие непрерывности процесса накопления перерабатываемых отходов (затруднение рационального использования промышленных установок переработки отходов);
- неоднородность отходов;
- исследования на совместимость вторичных строительных материалов с окружающей средой в малом количестве;
- получение вторичного материала более низкого качества, в сравнении с первичными строительными ресурсами [1].

Ключевая задача рециклинга — решение экологической проблемы захоронения отходов и снижение стоимости вторичных строительных материалов. Так, рециклинг должен быть экономически выгодным, следовательно, захоронение — дорогим, дотационным и подконтрольным. При этом экологически опасные и патогенные отходы необходимо сохранять в изолированном виде от окружающей среды. Требуется доступность отходов для последующего рециклинга; образуемые при этом жидкости и газы должны быть доступны используемыми и удаляемыми.

Знак рециклинга имеет № 1135 по ISO 7000, что означает возможность переработки отходов (или товар получен из переработанного сырья) [7].

Нормирование и определение категории загрязнения почвы производят по трем главным группам показателей грунтов (при превышении содержания требуется утилизация): тяжелые ме-

таллы; углеводороды (бензпирен, нефтепродукты); бактериологическое, энтомологическое, паразитологическое загрязнение.

Наиболее очевидное применение грунтов для строительства — заполнение на техническом этапе рекультивации карьеров. На специализированных полигонах загрязненные грунты принимают по тарифам за размещение отходов. При этом на сегодняшний день количество полигонов ограничено. Данные аспекты приводят к тому, что при обращении с такими грунтами строительный сектор работает по нелегальным схемам [8].

УТИЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ НЕФТЕПРОДУКТЫ

Возвращаясь к *таблице*, можно говорить о том, что основным загрязнителем грунта, который снимается при ремонте железнодорожного полотна, являются нефтепродукты.

Количество нефтесодержащих грунтов напрямую зависит от количества добываемой нефти, с каждым годом увеличивающейся при существующем уровне развития нефтяной отрасли в России. Потери углеводородов в России ежегодно составляют от 4 до 7 % всей добычи нефти [9], оказывая негативное воздействие на окружающую среду, проникая во все составляющие биосферы. При свободной форме попадания из-за различия плотностей воды и нефти нефтепродукты плавают на поверхности водоемов; при погребенной образуют наплавающие линзы, просачиваясь в грунт на поверхности подземных вод; адсорбированную форму отличает сцепление углеводородов с частицами грунтов почвы; для растворенной характерно растворение в подземных или поверхностных водах; при испаренной форме происходит свободное испарение нефтепродуктов с поверхности воды и почвы.

Вопросы, связанные с переработкой, учетом и образованием грунтов, содержащих нефтепродукты, актуальны. Возрастает потребность в повышении эффективности переработки, разработки и внедрения инновационных технологий, направленных на ресурсосбережение (получение технически полезных продуктов).

В соответствии с ГОСТ Р 56828.43-2018 *нефтесодержащие отходы (НСО)* определяются как различные по составу и физико-химическим свойствам отходы, содержащие углеводородные смеси, образующиеся при хранении, транспортировке и использовании нефти и нефтепродуктов, в том числе при зачистке средств транспортировки и оборудования для хранения и использования нефти и

нефтепродуктов, а также при очистке нефтесодержащих сточных вод⁹.

Железнодорожный транспорт — активный источник загрязнения грунтов нефтепродуктами, вследствие техногенных аварий; причиной может быть утечка из цистерн во время перевозок на пути и междупутье при неисправности сливных приборов цистерн и котлов, неплотности люков; из-за неисправности подвижного и тягового состава.

До начала работ по ликвидации последствий разлива большая часть нефтепродуктов оказывается не только на полосе отвода и полотне железных дорог, а также может достигать 5–15 м в глубину грунта [10].

В зависимости от класса опасности: объема разлива, вязкости нефтепродукта, температуры воздуха, типа территории места аварии производится вырезка слоя грунта, загрязненного нефтепродуктами, с последующим вывозом на специальную площадку для очистки одним из экономически целесообразных методов для конкретных условий.

Основные способы извлечения нефтепродуктов: отстаивание, фильтрация, термомеханическое разделение на фазы, центрифугирование.

Если территория не относится к рекреационным или водосборным площадям рек, то возможно произвести операцию по обезвреживанию без вырезки на месте аварийного разлива [10] с помощью специальных методов (биопрепараты, биосорбенты). Заключительная операция для полного восстановления плодородия почв и ландшафта — рекультивация нарушенных земель.

Главные направления обезвреживания НСО: биологическое (с использованием биодеструкторов), химическое и термическое. Первичный способ ликвидации нефтяного загрязнения — механический сбор (емкости, нефтесборщики, насосы). При наличии жидкого слоя разлитой нефти применяются сорбенты — материалы, впитывающие нефтепродукты и препятствующие тем самым их перемещению. Рынок эффективных сорбентов развивается, важно их грамотное использование. Вторичный способ — извлечение из грунта вымыванием, нанесением пленок различных типов при локальных загрязнениях. Применяется вокруг разлива криогенный барьер.

В соответствии с результатами исследования двух ключевых способов утилизации нефтесодержащих грунтов (НСГ) наиболее эффективным является метод термической утилизации [11]. Однако метод полной очистки — термообработка применим, когда нет иных способов ликвидации нефти, при нем происходит вторичное загрязнение, так

⁹ ГОСТ Р 56828.43-2018. Наилучшие доступные технологии. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. Показатели для идентификации.

как образуются повторные продукты неполного сгорания углеводородов. При физико-химическом способе промывается удаленный грунт с помощью различных сорбентов или собирается в специальные емкости промывных растворов [9].

Способ экскавации представляет собой просеивание не подлежащих обработке отдельных частей с промывкой водой (с активными бактериями или специфическими добавками) во вращающемся барабане. Грунт и вода (после очистки сорбентами или фильтрами) используются повторно.

Эффективными и экологически безопасными являются биологические методы, заключающиеся в ускорении разложения нефтепродуктов естественными деструкторами (углеводородокисляющие нефтедеструкторы), применяющиеся в области высокого содержания нефтяных загрязнений [12].

Предлагается передвижная установка (разработка ДВГУПС) для сбора мелкокусковых сыпучих материалов и ликвидации разливов нефти на рабочей поверхности [1]. Сокращаются время и трудозатраты на производство работ, не требуются дополнительные силы на разбрасывание сорбента.

Успешная очистка грунта от углеводородов может базироваться только на комплексе разных технологий [10].

На стадии локализации (первичное мероприятие при крупных разливах) используется только высокопроизводительная строительная техника. Практически не применяются насыпные барьеры из сыпучих и сорбирующих материалов, твердеющие пены и сборные механические барьеры. Локализация небольших нефтяных пятен осуществляется с помощью низкопроизводительных распылителей сорбента ранцевого типа производства ТД «Росзащита» и ООО «Лессорб». Необходимо иметь и использовать оборудование на железнодорожном транспорте при ликвидации аварийных разливов нефти. Специализированной техники на рынке для быстрой обработки сорбентами загрязненных нефтепродуктами грунтов на больших площадях нет. Для локализации нефтепродуктов на поверхности воды, так как железные дороги ОАО «РЖД» граничат только с внутренними водными объектами, закупаются различной конструкции боны (плавающие ограждения) из горючих и негорючих материалов.

Для перекачки высоковязких нефтепродуктов из поврежденных цистерн на значительные расстояния (особенно в холодное время) применяют насосы российского производства, они значительно дешевле и не уступают по характеристикам насосам западных производителей.

Сбор разлившихся нефтепродуктов, содержащих частицы грунта и камни, проводится пери-

стальтическими насосами или вакуумными нефтесборщиками. Для водных поверхностей применяют скиммерные системы (сбор верхнего слоя воды бассейна).

При вырезке верхнего слоя загрязненного грунта происходит вторичное загрязнение больших объемов грунта нефтепродуктами, вследствие выполнения работ строительной техникой, не имеющей технической возможности регулирования глубины выемки грунта. Для вырезки грунта требуется использование мобильной, механической, малогабаритной техники.

После вырезки грунт подвергается обезвреживанию смешением с известью, промывкой в специальных аппаратах водным раствором моющих средств и микробиологическим методом.

УТИЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Одним из непригодных грунтов для возведения земляного полотна является торф. Следовательно, возникает потребность в его последующей утилизации. Торф как полезное ископаемое имеет сложный состав, однако экологически безопасное возобновляемое органическое вещество представляет ценность для химической промышленности, медицины и сельскохозяйственной деятельности. Основные направления переработки торфа: добыча из отдельных составляющих битума и углерода; получение продукта в твердом, жидком или газообразном состоянии.

Продуктами переработки служат химические продукты, такие как целлюлоза, кислоты, воск. Для извлечения битума проводится обработка растворителями. На разных уровнях переработки получают: снижающие количество соли средства для очистки воды; для озеленения, садоводства и сельского хозяйства гумус; топливо; хорошо разлагаемые фенолы и парафины; безопасные с точки зрения экологии средства для антискольжения; кислоты со слабым преобразованием 5–10 %, этиловый спирт¹⁰.

К термомеханическому варианту переработки, при котором получается углеродный материал, относят пиролиз. Это метод газификации, при котором с ограничением доступа кислорода сырье нагревается до определенной температуры. Образуются метан, метиловый газ, водород при нагревании свыше 1400 °С. Развитие торфяного пиролиза может способствовать появлению производств в отдаленных районах.

Гидролиз — способ переработки торфа, когда его органические компоненты взаимодействуют

¹⁰ Как перерабатывают торф. URL: <https://musorish.ru/kak-pererabatyvayut-torf/>

с водой. Активизируют или подавляют биологические процессы аминокислоты, которые содержатся в составе гидролизатов. Конечный продукт — кормовой подсластитель, белковые дрожжи. Катализаторы процесса — кислоты. Для технологии требуется верховой торф.

При комплексной (глубокой) переработке (способ термической обработки без скользящих деталей в реакторе) максимально извлекаются ценные продукты. Технология направлена на получение из удобрения полукокса, топлива; отличается отсутствием отходов и химикатов, минимальными затратами.

Распространено получение из торфа гранул, которые в дальнейшем используются тепловыми электростанциями и котельными. Конечному продукту придают прочность за счет прочностных добавок. Процесс представляет собой очистку сырья, сушку, дробление и герметизацию, гранулирование, охлаждение, сортировку. Для увлажнения сырья впрыскивают воду, далее подают пар.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Земляное полотно железнодорожного пути является нижним его строением, в основании и теле которого залегают разного состава, вида и физико-механических свойств грунты. Они играют важную роль в обеспечении стабильного, устойчивого состояния как земляного полотна, так и всего пути в целом, его надежности и прочности.

Рециклинг (возвращение части отходов в производство) имеет существенное значение и для экологии, и для экономики. Рециклинг грунтов при строительстве земляного полотна представляет собой применение методов локализации и сбора строительных отходов — загрязненного грунта преимущественно нефтью и нефтепродуктами в соответствии с ФККО. При ремонте железнодорожного полотна строительные отходы грунта, загрязненные нефтепродуктами, относятся к 3 и 4 классам опасности.

Основные методы локализации нефтяных загрязнений грунтов с последующей переработкой:

- физико-химический метод для предотвращения возгорания при разливе легко воспламеняющихся продуктов засыпкой минеральными

сорбентами или изоляцией сверху противопожарными пенами;

- вырезка бульдозерами, экскаваторами и самосвалами верхнего слоя грунта с вывозом на площадку для очистки;
- промывка высоконапорными струями воды, откачивание пульпы и ее очистка. Загрязненная вода откачивается грязевыми насосами и очищается в промывных барабанах или на поверхности загрязненного участка с применением ПАВ, промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, впоследствии производится разделение и очистка;
- микробиологическая очистка на специально построенных площадках, для ускорения процесса применяется аэрирование с периодическим введением удобрений;
- промывка с помощью дренажных систем (возможно с сочетанием биологических методов);
- экстракция летучими растворителями в промывных барабанах с последующей отгонкой паром их остатков (неэкологичный и пожароопасный);
- капиллярное поглощение пористыми материалами (адсорбентами или матами) засыпкой или разбрасыванием для поглощения нефтепродукта.

В соответствии с СП 32-104-98 большинство грунтов имеет применение в возведении земляного полотна железных дорог. Торфяники и растительный слой недопустимы в качестве основания земляного полотна, вследствие их сильной сжимаемости при обычных скоростях приложения нагрузок на основание. Теряется их прочность, уменьшается сопротивление сдвигу — возрастает сжимаемость.

Среди способов рециклинга торфа распространено получение гранул, которые в дальнейшем используются котельными и тепловыми станциями. При термомеханической переработке (пиролиз) из торфа образуются углеродный материал, метан, водород и метиловый газ. Конечными продуктами взаимодействия торфа с водой (метод гидролиза) становятся белковые дрожжи и кормовые подсластители. Комплексная переработка позволяет максимально извлечь ценные продукты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 2. С. 2. DOI: 10.15862/02RR0216
2. Яковлева Т.Г., Карлущенко С.И., Клинов Н.Н., Путря Н.Н., Смирнов М.П. Железнодорожный путь. М.: Транспорт, 1999. 405 с.
3. Биттибаев С.М., Косенко С.А., Муратбекова Г.В., Умарханов Р. Исследование механических свойств грунтов железно-

дорожных насыпей // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2008. № 6 (55). С. 7–10.

4. Савельев А.И. Выбор грунта для железнодорожного пути // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». 2021. № 8. С. 387–390.

5. Баталов С.В. Утилизация строительных отходов при новом строительстве, сносе и рекультивации земель // Перспективы науки. 2021. № 5 (140). С. 135–140.

6. Бахтиева И.П. Управление строительными отходами. Утилизация строительных грунтов // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы: сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 80–83.

7. Чулков В.О., Тихонов Е.Г., Дзиццов Х.А., Семенов М.Н. Обращение с отходами строительства и сноса // Строительство. Экономика и управление. 2020. № 2 (38). С. 16–25.

8. Юрк В.М., Зайцев О.Б., Зайцева А.В. Основные предпосылки утилизации строительных отходов совместно с загрязненными почвами (грунтами) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. № 1 (37). С. 68–84. DOI: 10.15593/2409-5125/2020.01.06

9. Лашков В.А., Суфиянов Р.Ш. Источники образования и проблемы утилизации нефтесодержащих грунтов // Вестник

Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 2. С. 284–286.

10. Вяткин К.А., Лекомцев А.В. Оценка эффективности способов утилизации нефтесодержащих отходов // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 1. С. 25–29.

11. Воробьева О.В., Бельков В.М. Методы, технологии локализации и сбора нефтепродуктов, разлившихся в результате аварийных ситуаций // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. № 2. С. 53–60.

12. Плеханова А.В., Чачина С.Б., Шнайдер В.С., Михайлиди М.В. Эколого-экономическое обоснование рекультивации нефтесодержащих почв биотехнологическим методом // Безопасность городской среды: материалы VIII Международной научно-практической конференции. 2021. С. 51–56.

REFERENCES

- Oleynik S.P. Construction waste during the reconstruction of buildings and structures. *World of Science*. 2016;3(2):2. DOI: 10.15862/02RRO216 (In Russ.).
- Yakovleva T.G., Karpuschenko S.I., Klinov N.N., Putrya N.N., Smirnov M.P. *Railway track*. Moscow, Transport, 1999;405. (In Russ.).
- Bittibaev S.M., Kosenko S.A., Muratbekova G.V., Umarkhanov R. Study of the mechanical properties of railway embankment soils. *Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev*. 2008;6(55):7-10. (In Russ.).
- Saveliev A.I. The choice of soil for the railway track. *Scientific Research Center "Technical Innovations"*. 2021;8:387-390. (In Russ.).
- Batalov S.V. Disposal of construction waste during new construction, demolition and land reclamation. *Prospects of Science*. 2021;5(140):135-140. (In Russ.).
- Bakhtieva I.R. Construction waste management. Disposal of building soil. *Waste management: current state and prospects: collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference*. 2020;80-83. (In Russ.).
- Chulkov V.O., Tikhonov E.G., Dzizdov Kh.A., Semenov M.N. Construction and demolition waste management. *Construction. Economics and Management*. 2020;2(38):16-25. (In Russ.).
- Yurk V., Zaytcev O., Zaytceva A. Basic prerequisites for recycling building refuse together with polluted soils. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urbanistics*. 2020;1(37):68-84. (In Russ.).
- Lashkov V.A., Sufiyonov R.Sh. Sources of education and problems of utilization of oil-containing soils. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2014;17(2):284-286. (In Russ.).
- Vyatkin K.A., Lekomtsev A.V. Efficiency estimation of oil-polluted waste utilization methods. *Ecology of Urban Areas*. 2014;1:25-29. (In Russ.).
- Vorobyova O.V., Belkov V.M. Methods and technologies of localisation and collection of oil products spilled due to emergency situation. *Russian Railway Science Journal*. 2012;2:53-60. (In Russ.).
- Plehanova A.V., Chachina S.B., Schneider V.S., Mikhailidi M.V. Ecological and economic substantiation of the reclamation of oil-contaminated soils by a biotechnological method. *Security of the urban environment: materials of the VIII International scientific and practical conference*. 2021;51-56. (In Russ.).

Об авторах

Олег Владимирович Голубев — кандидат технических наук, кафедра «Путь и железнодорожное строительство», **Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)**; 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66; РИНЦ ID: 235944, Scopus: 57210205140, ORCID: 0000-0002-6287-4972; golubev@usurt.ru;

Анна Максимовна Филатова — студентка; **Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)**; 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66; annafi1a70va@yandex.ru.

Bionotes

Oleg V. Golubev — Cand. Sci. (Tech.), Department of "Way and Railway Construction"; **Ural State University of Railway Transport (USURT)**; 66 Kolmogorova st., Yekaterinburg, 620034, Russian Federation; ID RSCI: 235944, Scopus: 57210205140, ORCID: 0000-0002-6287-4972; golubev@usurt.ru;

Anna M. Filatova — student; **Ural State University of Railway Transport (USURT)**; 66 Kolmogorova st., Yekaterinburg, 620034, Russian Federation; annafi1a70va@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
 Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
 The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Олег Ведимирович Голубев, golubev@usurt.ru.
 Corresponding author: Oleg V. Golubev, golubev@usurt.ru.

Статья поступила в редакцию 10.01.2022; одобрена после рецензирования 15.08.2022; принята к публикации 28.02.2023.
 The article was submitted 10.01.2022; approved after reviewing 15.08.2022; accepted for publication 28.02.2023.