



ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

INDUSTRIAL ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2024-32-4-347-364

EDN: MXBILH

УДК 502/504

Научная статья / Research article

Анализ потенциала применения искусственного торфяного грунта на основе нефтешламов

П.К. Семянцева✉, А.А. Ильченко^{ID}*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Российская Федерация*

✉s.polina2015@mail.ru

Аннотация. Нефтешламы являются одним из опасных источников загрязнения окружающей среды, наносящих значительный вред экосистемам. В настоящее время отсутствуют эффективные технологии по их утилизации, эти данные подтверждаются результатами проведенного авторами SWOT-анализа существующего способа обращения с данными отходов – шламонакопления. Рассмотрено новое технологическое решение переработки нефтешламов в искусственный торфяной грунт. Описан процесс получения искусственного торфа из нефтешламов, приведены основные характеристики и свойства полученного материала. Представлены авторские результаты лабораторных исследований: оценка физико-химических характеристик искусственного торфяного грунта, таких как его плотность, влажность, содержание органических веществ, концентрация тяжелых металлов и других вредных веществ, а также выполнен эксперимент по исследованию плодородных свойств. Был проведен анализ потенциала и возможности внедрения данного материала в практику. Полученные выводы могут быть полезны для дальнейших исследований и разработок в области утилизации и переработки нефтешламов и улучшения экологической устойчивости торфяных грунтов.

Ключевые слова: вторичное сырье, искусственный торфяной грунт, нефтешламы, обезвреживание нефтешламов, шламонакопители, физико-химические свойства грунта, устойчивое развитие, утилизация отходов

© Семянцева П.К., Ильченко А.А., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Вклад авторов. Семянцева П.К. – разработка идеи исследования, сбор и анализ исходных материалов, проведение лабораторных исследований; Ильченко А.А. – подбор научной литературы, руководство над проведением эксперимента в лаборатории, структурирование статьи и редактирование текста.

История статьи: поступила в редакцию 23.01.2024; доработана после рецензирования 15.03.2024; принята к публикации 12.08.2024.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Семянцева П.К., Ильченко А.А. Анализ потенциала применения искусственного торфяного грунта на основе нефтешламов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2024. Т. 32. № 4. С. 347–364. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-4-347-364>

Analysis of the potential for the use of artificial peat soil based on oil sludge

Polina K. Semyantseva✉, Angela A. Ilchenko^{ID}

Gubkin University, Moscow, Russian Federation

✉s.polina2015@mail.ru

Abstract. Oil sludge is one of the dangerous sources of environmental pollution, which causes significant damage to ecosystems. The technologies used for their disposal do not show efficiency, these data are confirmed by the authors' SWOT analysis of the existing method of waste data management – sludge accumulation. The paper considers a new technological solution for processing oil sludge into artificial peat soil. The study describes the process of obtaining artificial peat from oil sludge, the main characteristics and properties of the resulting material. The authors present the results of laboratory studies: assessment of the physico-chemical characteristics of artificial peat soil, such as its density, humidity, organic matter content, concentration of heavy metals and other harmful substances, as well as an experiment on the study of fertile properties. An analysis of the potential and possibility of introducing this material into practice was also carried out. The findings can be useful for further research and development in the field of oil sludge utilization and processing and improving the environmental sustainability of peat soils.

Keywords: secondary raw materials, artificial peat soil, oil sludge, neutralization of oil sludge, sludge accumulators, physical and chemical properties of soil, sustainable development, waste disposal

Authors' contribution. Semyantseva P.K. – development of a research idea, collection and analysis of source materials, laboratory research, writing a text; Ilchenko A.A. – selection of scientific literature, guidance on conducting an experiment in the laboratory, structuring the article and editing the text.

Article history: received 23.01.2024; revised 15.03.2024; accepted 12.08.2024.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Semyantseva PK, Ilchenko AA. Analysis of the potential for the use of artificial peat soil based on oil sludge. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2024;32(4):347–364. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-4-347-364>

Введение

Топливная промышленность является одной из ключевых отраслей народного хозяйства в мире и в большей степени определяет экономику, социальную политику и состояние окружающей среды. Нефтегазовые предприятия предоставляют необходимое топливо для транспорта, производства энергии и отопления, а также других сфер деятельности. Они создают рабочие места и генерируют значительные доходы для государства. Однако имеются отрицательные последствия. При разработке полезных ископаемых оказывается серьезное воздействие на окружающую природную среду. При этом наиболее сильное влияние на состояние гидросферы, атмосферы и почвы оказывает не сама добыча, переработка или транспорт углеводородов, а их отходы – нефтешламы [1].

Нефтешламы – это отходы, образующиеся в результате добычи, переработки и использования нефти и нефтепродуктов. Они содержат вредные вещества, такие как тяжелые металлы, нефтяные углеводороды, соли и другие химические соединения. Воздействие нефтешламов на окружающую природную среду может быть серьезным. При попадании в водные системы, нефтешламы загрязняют поверхностные и грунтовые воды, что негативно сказывается на здоровье рыб и других гидробионтов. Это может привести к вымиранию некоторых видов и нарушению экосистемы. Кроме того, загрязненная вода становится непригодной для использования в сельском хозяйстве и питьевом водоснабжении. Нефтешламы могут нанести значительный вред атмосфере, особенно если применяется термический метод их обезвреживания. При сжигании нефтешламов выделяются токсичные газы, такие как оксиды азота и серы, а также углеводороды, которые способствуют усилению парникового эффекта и загрязнению воздуха. В результате возникают проблемы с атмосферным загрязнением и изменением климата. Попадание отходов нефтешламов в почву может привести к деградации и ухудшению плодородия почвы. Некоторые вещества могут быть поглощены растениями и попасть в пищевую цепочку, что может представлять опасность для живых организмов, включая человека.

Таким образом, отходы нефтешламов становятся серьезной проблемой для окружающей среды. В целях минимизации негативного влияния необходимо разрабатывать и применять эффективные методы утилизации и очистки таких отходов, а также строго контролировать их хранение и транспортировку. Такие меры помогут сократить негативные последствия и сохранить природную среду для будущих поколений [1].

Несмотря на наличие технологий и предприятий, занимающихся их переработкой, объемы образующихся отходов все еще значительны. Работа в

данной области включает разработку эффективных и экологически безопасных методов утилизации, строгий контроль за выбросами и разливами, а также стимулирование использования вторичного сырья. Ежегодно в Российской Федерации образуется свыше 500 тысяч тонн отходов, а общее количество отходов в шламовых амбарах на 2022 г. равняется 4,5 млн т. Их образование происходит при эксплуатации нефтяных месторождений вследствие:

- 1) сбросов при подготовке нефти;
- 2) сбросов при зачистке нефтяных резервуаров;
- 3) нефтесодержащих промывочных жидкостей, используемых при производстве буровых работ;
- 4) сбросов при испытании и капитальном ремонте скважин;
- 5) аварийных разливов при добыче и транспорте нефти [3; 4].

Однако нефтешламы могут быть также использованы как вторичное сырье. Их переработка и утилизация позволяет извлекать ценные компоненты, такие как нефтяной кокс, битум, углеродные материалы и другие продукты. Кроме того, переработка нефтешламов помогает снизить вредные воздействия на окружающую среду. Необработанные нефтешламы могут приводить к загрязнению почвы, воды и воздуха, а также негативно влиять на здоровье людей и животных. Процесс переработки позволяет снизить концентрацию вредных веществ и утилизировать их безопасным образом.

К сожалению, в настоящее время нет возможности с абсолютной уверенностью определить экологически чистый, экономически обоснованный и ресурсосберегающий метод переработки нефтесодержащих отходов. В каждом конкретном случае это зависит от химического состава нефтешлама, продолжительности его хранения, количества механических примесей и других факторов. Актуальность этой проблемы определяется не только необходимостью улучшения экологической ситуации, но также и экономическими аспектами, поскольку при правильной обработке нефтешламы могут служить вторичным источником ценных нефтепродуктов [6].

Цель исследования – анализ потенциала использования искусственного торфяного грунта при строительстве дорог и промышленных площадок, рекультивации и пересыпке полигонов ТКО, в сельском хозяйстве и садоводстве.

Задачи исследования:

- 1) выявить недостатки использования шламовых амбаров;
- 2) изучить физико-химические характеристики искусственного торфяного грунта;
- 3) оценить применимость искусственного грунта в различных сферах хозяйства.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была взята проба искусственного торфяного грунта, созданного из нефтешламов весом в 3 кг. Отбор проб

производился согласно стандарту, разработанному для грунта ГОСТ 12071–2014¹. Была отобрана точечная проба при помощи почвенного бура, далее грунт был помещен в специальный бокс с герметичной крышкой (для оценки влажности). Следующим шагом был оформлен сопроводительный талон на упакованный образец. При транспортировке образец не испытывал резкие динамические и температурные воздействия. Отобранная проба грунта была передана в лабораторию сроком хранения, не превышающего 1,5 месяца. Для проведения исследования физических свойств грунта подготовка пробы к анализу осуществлялась согласно ГОСТ 5180–2015 в зависимости от типа испытания².

В работе применяются теоретические и практические методы исследования:

1) анализ:

– изучение научных статей, публикаций и отчетов, связанных с использованием нефтешламов и искусственного торфяного грунта.

– изучение существующих исследований в области утилизации нефтешламов и применения искусственного торфяного грунта в различных отраслях (например, в сельском хозяйстве, озеленении городской территории, рекультивации загрязненных участков);

2) сбор и обработка проб нефтешламов:

– отбор пробы искусственного торфяного грунта и его транспортировка в лабораторию;

– изучение физико-химических свойств искусственного торфяного грунта (например, влажность, плотность, содержание органического вещества);

3) оценка потенциала применения искусственного торфяного грунта:

– проведение лабораторных испытаний искусственного торфяного грунта для определения его удобрительных свойств;

– определение степени воздействия искусственного торфа на рост и развитие растений (например, при выращивании сельскохозяйственных культур);

– оценка эффективности использования искусственного торфа в разных отраслях хозяйства.

Результаты и обсуждение

В современном мире существует несколько методов ликвидации, утилизации или обезвреживания нефтешламов. Одним из таких методов является

¹ ГОСТ 12071–2014. Межгосударственный стандарт. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. Дата введения 01.07.2015 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.

² ГОСТ 5180–2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Дата введения 01.04.2016 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.

накопление нефтешламов в специальных контейнерах, называемых шламонакопителями, с последующей очисткой или сжиганием. Очистка нефтешламов производится с использованием различных технологий, например, механической, физико-химической или биологической очистки. Механическая очистка включает фильтрацию, сепарацию и отстаивание для удаления больших частиц и воды. Физико-химическая очистка основана на применении химических реагентов и физических процессов, таких как флотация, адсорбция и деэмульгирование, для удаления органических и неорганических загрязнений. Биологическая очистка основана на использовании микроорганизмов для биологического разложения нефтешламов. Сжигание нефтешламов принято считать самым эффективным методом утилизации, однако данный процесс может негативно сказываться на качестве и состоянии окружающей среды, поскольку приводит к выбросу вредных и загрязняющих веществ в атмосферу. Поэтому при сжигании нефтешламов обычно используются специальные системы очистки и обработки газов, чтобы минимизировать негативные воздействия.

Один из минусов хранения буровых отходов в шламонакопителях заключается в том, что данная методика не устраняет проблему самого существования отходов. Хотя шламонакопители могут временно удерживать буровые отходы, они не предоставляют эффективного решения для их полного удаления или переработки. Это может привести к накоплению отходов на длительное время, что имеет негативное влияние на окружающую среду. Более того, шламонакопители могут быть подвержены различным повреждениям, обрушениям или утечкам, которые могут привести к загрязнению почвы, воды и окружающей среды. Кроме того, хранение буровых отходов в шламонакопителях требует проведения постоянного контроля и тщательного обслуживания для предотвращения подобных возможных проблем. Важно отметить, что хранение отходов в шламонакопителях является временным решением. К тому же очень часто в практике наблюдается ряд нарушений в хранении отходов, не соблюдаются экологические стандарты, к примеру, отсутствует защитный слой из грунта, который предотвращает проникновение загрязнений в почву или подземные воды. Данный слой должен обладать минимальной толщиной, установленной нормативными документами, а также соответствующими характеристиками, необходимыми для снижения риска загрязнения. Кроме того, необходимо проводить регулярную инспекцию шламонакопителей, чтобы выявить возможные нарушения и принимать меры по их устранению. Это поможет предотвратить распространение загрязнений и снизить влияние хранения отходов на окружающую среду. В долгосрочной перспективе необходимо найти более устойчивые и эффективные методы для управления буровыми отходами, такие как их переработка, утилизация или реинъекция обратно в скважину. Эти методы могут быть более экологически безопасными и устойчивыми с точки зрения управления отходами.

Авторами составлен SWOT-анализ метода использования шламонакопителей. При его проведении было выявлено, что существующие способы хранения нефтешламов требуют применения более рациональных методов (рис. 1). SWOT-анализ является полезным инструментом для оценки методов обезвреживания нефтешламов и помогает принимать осознанные решения, основанные на их характеристиках и потенциале.



Рис. 1. SWOT-анализ использования шламонакопителей

Источник: составлено П.К. Семянцевой, А.А. Ильченко.

Другим перспективным методом ликвидации нефтешламов, по мнению авторов, является их закачка в специально обустроенные скважины. Этот метод обычно применяется в сочетании с другими методами, например с очисткой или стабилизацией нефтешламов перед их закачкой. Процесс закачки заключается в том, что нефтешламы под давлением передают через специальную систему трубопроводов и впрыскивают в скважины на определенной глубине. Скважины для этой цели подготавливаются с учетом геологических и инженерно-технических особенностей месторождения и состава нефтешламов. Использование специально обустроенных скважин обеспечивает надежное и безопасное удержание нефтешламов внутри земной коры. Данный метод имеет ряд преимуществ.

Во-первых, он позволяет изолировать нефтешламы от поверхностных водных ресурсов и почвы, предотвращая их дальнейшую загрязненность.

Во-вторых, это эффективный способ утилизации больших объемов нефтешламов, который позволяет сократить их воздействие на окружающую среду.

В-третьих, метод достаточно надежен и безопасен, предотвращая возможность утечки и разлива нефтешламов.

Однако необходимо отметить, что применение данного метода требует детального изучения геологических, гидродинамических и химических особенностей месторождения и нефтешламов. Также необходимо учитывать местные экологические требования и законодательство, чтобы обеспечить безопасность и минимизировать потенциальные риски для окружающей среды и здоровья человека

В данной статье рассматривается именно метод рециклинга – создание из нефтешламов различных материалов. Один из основных продуктов производства – техническое углеродное волокно. Данный материал имеет высокую прочность и жесткость, при этом является легким и термоустойчивым. Однако это не единственный материал, переработанный из данного вида отходов. Интересным и уникальным становится опыт создания из нефтешламов искусственного торфяного грунта, который относится к 4–5-й категории опасности. Вследствие переработки буровых отходов и добавления в них фрезерного верхового торфа (сфагноума) низкой степени разложения (из-за чего в грунте появляются органические включения, такие как кусочки древесины, корней и растительных волокон) образуется грунт, имеющий 4–5-ю категорию с возможностью его дальнейшего использования для строительства и укрепления дороги промышленных площадок, рекультивации полигонов ТКО и их пересыпки. Образец вышеописанного торфа был отобран из искусственно созданных отвалов (рис. 2) авторами и доставлен в лабораторию для исследования. Состав грунта разнообразен в него входят и нефтепродукты, и хлориды, и отработанные буровые растворы, и буровые сточные воды, а также тяжелые металлы и многие другие вещества, не превышающие свое ПДК (ОДК) для почв.

В работе было проведено изучение физико-химических характеристик вышеупомянутого грунта. Первоначально рассматривались следующие свойства грунта: структура, влажность, устойчивость, содержание органического вещества, наличие новообразований и включений.



Рис. 2. Отвалы искусственного торфяного грунта

Источник: фото П.К. Семянцевой.

Структура грунта имеет большое значение при строительстве. Правильное понимание и учет структуры грунта позволяет строить более прочные и устойчивые сооружения. Влияние грунта на строительство может быть связано со следующими факторами:

1) несущая способность: различные типы грунта имеют разные характеристики несущей способности. Например, песчаный грунт обычно имеет высокую несущую способность, в то время как глинистый грунт может быть менее стабильным. Понимание этого позволяет инженерам определить необходимые меры для укрепления грунта или принять решение об избежании строительства на неподходящем участке;

2) водоотвод и дренаж: структура грунта может влиять на способность грунта пропускать воду или на аккумуляцию влаги. Это важный аспект при строительстве фундамента, трубопроводов и других сооружений. Неправильная дренажная система или наличие водоносных грунтов может привести к проблемам с влажностью или затоплению сооружений;

3) устойчивость: некоторые грунты могут быть неустойчивыми, особенно на склонах или при воздействии возмущающих факторов, таких как землетрясения или перепады температур. Предварительное изучение структуры грунта позволяет предотвратить возможные опасности и предусмотреть дополнительные меры укрепления;

4) влияние на строительство: различные типы грунта требуют разных методов строительства и материалов. Например, при строительстве на глинистом грунте может потребоваться использование свай, чтобы обеспечить необходимую поддержку. В противном случае возможно возникновение процесса проседания грунта, который, в свою очередь, может привести к структурным повреждениям здания.

В целом структура грунта является существенным аспектом при проектировании и строительстве, поэтому необходимо уделить ей внимание и провести все необходимые исследования перед началом работ. При определении структуры почвы по классификации по С.А. Захарову, применяемой для природных почв: объект имеет неправильную округлую форму, на его поверхности наблюдаются неровные округлые и шероховатые разломы, и его грани не выражены, размер частиц 10–3 мм, следовательно, структура грунта крупнокомковатая. Полученные данные не дают возможность в целом оценить возможности исследуемого грунта. Крупнокомковатая структура может иметь положительные и отрицательные стороны:

1) комковатая структура может указывать на высокую плотность грунта. Это может быть положительным фактором при строительстве, поскольку плотный грунт обычно обладает хорошей несущей способностью. Однако в связи с этим может потребоваться применение специальной техники или методов для удержания и обработки грунта;

2) комковатая структура грунта может также указывать на наличие органических материалов или примесей, в частности корней растений или мусора, которые свидетельствуют о неоднородности, а следовательно, такой грунт способен распадаться при минимальном механическом воздействии.

Далее были изучены влажность и устойчивость образца. Влажность грунта играет важную роль в строительстве. Влажность грунта может влиять на его свойства, такие как плотность, устойчивость и грунтовое натяжение. Если грунт слишком сухой, он может легко обвалиться или не дать необходимой поддержки строительным конструкциям. Вместе с тем слишком влажный грунт может вызывать нестабильность и усадку построенных объектов. Исследуемый грунт имеет высокую влажность (количественное значение зафиксировать не удалось), в ходе эксперимента при соблюдении правил сушки образцов почвы данный объект сушился около 5 суток. Отобранный образец грунта спустя 5 месяцев нахождения в лаборатории по настоящий момент имеет высокий показатель влажности. Исследуемый грунт создавался специально для использования в качестве строительного материала. К категориям земель, на которых возможно применение исследуемого грунта, относятся земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения³.

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель».

Однако в ходе экспериментов в полевых условиях было выяснено, что данный материал при минусовых температурах не промерзает, а при положительных на нем не растут даже сорняки, помимо этого в нем может содержаться до 85 % воды, что вызывает вопросы о его надежности как строительного материала. Кроме того, проведен анализ содержания органических составляющих в грунте. Органическое вещество в почве выполняет роль сложного источника питательных веществ для растений. Выявленное количество органического вещества (около 60 %) является достаточно высоким показателем и указывает на относительно плодородную почву. При этом необходимо учитывать качество органического вещества, так как оно может быть разного типа и содержать различные питательные вещества. Поскольку объект был создан искусственно, новообразований, участвующих в почвообразовательных процессах, в нем не обнаружено. Вместе с тем найдено огромное количество включений биологического происхождения – остатки корней, стеблей, стволов растений. Процесс работы в лаборатории представлен на рис. 3.



Рис. 3. Изучение физических свойств искусственного торфяного грунта в лаборатории
Источник: фото П.К. Семянцевой, А.А. Ильченко.

Далее проводились исследования химических свойств грунта путем подготовки к анализу образца и определения состава почвенных вытяжек. Данные рН-метра показали довольно высокие показатели $pH = 7,8$, данное значение превышает общепринятый стандарт. К примеру, низинный торф имеет слабокислый или нейтральный состав ($pH = 6-7$), а верховой, наоборот, характеризуется повышенной кислотностью ($pH = 2-4$). Обычно торф имеет кислую среду с pH значением ниже 7. Однако в данном случае торф может

быть обработан или иметь влияние других факторов, которые повысили его pH, что может быть вызвано, например, воздействием минеральных добавок или других материалов в процессе производства или обработки торфа. Это может иметь важное значение при использовании торфа для определенных сельскохозяйственных или садоводческих целей, так как многие растения предпочитают кислую среду.

Реакций в почвенной вытяжке на никель, медь не наблюдается, что указывает на их относительно малом содержании в грунте или же о полном отсутствии. Обнаружено небольшое содержание свинца, но в пределах ПДК. Также было измерено значение солесодержания, измеряемое в мг/л, которое отражает суммарное количество растворенных в воде примесей. Кондуктометр показал значение 2000 мг/л, однако для исследуемой водной вытяжки это не предел, поскольку данное значение просто является максимальным для применяемого прибора, которым было проведено измерение. При этом необходимо акцентировать внимание на взаимосвязи повышенного pH с увеличенным солесодержанием в контексте химического равновесия. Вода взаимодействует с солевыми соединениями, разлагая их на ионы. Если содержание солей в растворе сильно повышено, то количество освобождаемых ионов также будет высоким. Это приводит к увеличению концентрации освобожденных гидроксидных ионов (OH^-) в растворе. Гидроксидные ионы являются основаниями и могут повышать pH раствора. Поэтому сильно повышенное содержание солей в растворе может, в свою очередь, привести к повышению pH. Однако важно отметить, что другие факторы, такие как буферные системы или наличие кислот, также могут влиять на pH раствора. Поэтому, хотя повышенное содержание солей может способствовать повышению pH, оно может являться не единственной причиной.

Одним из основных характеристик почвы/грунта является его электропроводность (ЕС). Метод измерения электропроводности основывается на способности солей проводить электрический ток. Следовательно, ЕС определяет концентрацию растворенных солей в почвенном растворе. Чем выше значение ЕС, тем легче току протекать через почву благодаря повышенной концентрации солей. Значение ЕС также зависит от влажности почвы, фазового состояния воды, температуры, плотности, гранулометрического состава и других факторов. Кондуктометр зафиксировал значения электрической проводимости 3999 мкСм/см. Указанное значение также является максимальным для данного прибора. Высокая электропроводность почв говорит о наличии большого количества растворенных солей или минеральных веществ в почве. Высокая электропроводность может также указывать на загрязнение почвы химическими соединениями или присутствие металлов. Важно отметить, что высокая электропроводность может быть нежелательна для растительного роста, так как может приводить к выщелачиванию питательных веществ из почвы и создавать неблагоприятные условия для развития растений. Электропроводность оказывает влияние на скорость поставки питательных веществ

растениям – с увеличением ЕС возрастает концентрация солей в почве, что затрудняет поглощение воды растениями. При очень высокой концентрации солей вода покидает растение и поступает в питательный раствор, что может привести к гибели растения. Таким образом, ЕС является критически важным показателем, необходимым для принятия обоснованных решений в агрономии. Этот параметр почвы оказывает влияние на выбор сельскохозяйственных культур и определение необходимого сорта с учетом уровня солёности, присутствующего в почве. Зная уровень солёности почвы, можно принимать решения по культивации, размеру полей и мерам по ирригации. Процесс измерения химических характеристик и исследуемого образца представлен на рис. 4.



Рис. 4. Исследование химических свойств искусственного торфяного грунта

Источник: фото П.К. Семянцевой, А.А. Ильченко.

Результаты проведенного лабораторного исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты лабораторного исследования

Вещество	Анализ	ПДК
Свинец, мг/кг	100	130,0
Медь, мг/кг	0	132,0
Никель, мг/кг	0	80,0
Ph	7,8	< 5,5
Минерализация, г/л	2000	< 500
Электрическая проводимость, мкСм/см	3999	< 1000

Источник: составлено П.К. Семянцевой, А.А. Ильченко.

Во время исследования искусственного грунта также был проведен эксперимент по выращиванию льна в целях подтверждения самого важного показателя – плодородности. Растение было выбрано случайно, поскольку оно имеет ряд преимуществ:

1) является растением-фиторемедиатором, способным очищать почву от загрязняющих веществ. Он может поглощать и аккумулировать вредные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды и другие примеси, в своих корнях и стеблях и улучшать качество почвы;

2) быстро растет и имеет короткий цикл развития, что позволяет быстро установить его в загрязненной почве. Он может быть выращен в кратчайшие сроки и использован для оценки эффективности реабилитации почвы на загрязненных участках;

3) обладает высокой толерантностью к загрязнителям в почве, таким как тяжелые металлы. Это делает его подходящим для роста на участках, которые могут содержать высокие концентрации вредных веществ;

4) может быть использован в различных условиях и климатических зонах, что делает его привлекательным выбором для опытов по ремедиации загрязненных почв.

Для начала было взято 3 контейнера, заполненных соответственно черноземом, черноземом и торфяным грунтом 1/1 и торфяным грунтом. Далее каждый из этих контейнеров был увлажнен отстоянной водой. В каждый контейнер было посажено по 35 семян льна. Спустя три дня появились первые всходы (только в контейнере с черноземом). Спустя еще 3 дня в том же контейнере проросли 28 семян, в двух других лен так и не взошел. Опыт имел трехкратную повторность, результат был каждый раз идентичен первому (рис. 5).



Рис. 5. Исследование грунта на плодородные свойства

Источник: фото П.К. Семянцевой, А.А. Ильченко.

В связи с полученными в ходе эксперимента высокими показателями солесодержания/минерализации совершенно очевидным становится факт неспособности растений выжить в данном виде грунта. Повышенная минерализация почвы может негативно влиять на круговорот азота в природе. Обычно азот, содержащийся в органических формах, преобразуется в аммиак (аммонизация), а затем в нитриты и нитраты (нитрификация). Однако при сильной минерализации эти процессы могут быть прерваны или замедлены. Всё это может привести к неравновесию в концентрации азота в почве. Поэтому для поддержания плодородия почвы и круговорота азота важно контролировать минерализацию и обеспечивать адекватное количество органического материала в почве. Данное равновесие может быть достигнуто путем использования удобрений, повышения содержания органического вещества в почве, снижения загрязнения и других агротехнических мероприятий [2]. Авторы не исключают возможность применения данного грунта в выращивании растений с меньшей пропорцией исследуемого образца, однако полученные высокие показатели электропроводности и минерализации требуют более глубокого специализированного лабораторного исследования для возможности безопасного использования искусственного торфа как для окружающей среды, так и для человека в целом.

Использование торфяного грунта для рекультивации полигонов ТКО может быть важным этапом в восстановлении почвенного плодородия. Однако формирование естественного плодородного слоя займет значительное количество времени. Скорость формирования плодородного слоя зависит от множества факторов, включая состав и качество используемого торфяного грунта, климатические условия, деятельность микроорганизмов, а также других факторов разложения органического материала. Приблизительные оценки свидетельствуют о том, что для формирования 1 см естественного плодородного слоя может потребоваться не менее 100 лет. Данное время может варьироваться в зависимости от условий и процессов разложения. Однако из-за повышенной влажности исследуемого образца микробиологическое почвообразование встает под вопросом, так как маловероятно, что спустя даже большой промежуток времени, такой как 50–100 лет, в данном грунте появятся почвообразующие микроорганизмы. Помимо этого, согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель»⁴, полигон считается рекультивированным, только если на этапе биологической рекультивации на его территории было проведено озеленение и запущены естественные процессы почвообразования, что невозможно сделать с использованием данного искусственного торфяного грунта. Таким образом, настоящее исследование позволило подтвердить, что грунт, созданный из обезвреженного нефтяного

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель»

шлама, не подходит для заявленных целей, таких как рекультивация, так как никакая растительность на нем не приживается.

Согласно ГОСТу 25100–95⁵, техногенные грунты классифицируются отдельно от естественных грунтов и их свойства и характеристики могут отличаться. Техногенный грунт, как созданный и измененный человеком, имеет свои особенности по сравнению с естественными грунтами. Он может содержать сильно измененную структуру и композицию, что влияет на его физические свойства. Дисперсный связанный грунт – это грунт, в котором частицы имеют низкую общую адгезию и формируют слабые связи между собой. Из-за этого он не обладает высокой прочностью и неспособен выдерживать большие нагрузки и растяжение. Капиллярная вода, находящаяся в составе грунта, образует слабые молекулярные связи, которые также могут снизить его прочность. Согласно исходной документации, исследуемый грунт относится к дисперсным связанным, а значит, не способен выдерживать большие нагрузки и растяжения, так как капиллярная вода в его составе формирует слабые молекулярные связи⁶.

Техногенный грунт часто используется для обсыпки дорог и строительства, рекультивации и пересыпке отходов ТКО на полигонах, однако есть одно важное свойство материала – он не должен вспучиваться и не набухать, что совершенно не характерно для исследуемого искусственного торфяного грунта. Поскольку искусственный торф, как и натуральный, имеет высокую степень водонепроницаемости и способность удержания влаги, а следовательно, постоянно набухает, он не подходит для использования по заявленному назначению (ГОСТ 25100–95). Такое свойство может быть опасно и нежелательно при его использовании для обсыпки дорог и строительства, а также при рекультивации и пересыпке отходов ТКО на полигонах. Вспучивание и набухание могут привести к значительным проблемам с устойчивостью и долговечностью таких конструкций, а также повлиять на качество работы полигонов [2].

В ходе проведения экспериментов не удалось установить применимость данного грунта. Химические свойства искусственного грунта не обеспечивают его пригодность для использования в сельскохозяйственных целях. Физические свойства грунта, в связи с его высокой влажностью, не позволяют его использовать в строительстве из-за возникающих сомнений в его устойчивости.

⁵ ГОСТ 25100–95. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. Дата введения 01.07.1996 / Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве.

⁶ ГОСТ 13672–76. Торф фрезерный для производства брикетов. Технические требования. Дата введения 30.06.1977 / Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.

Заключение

Переработка и утилизация нефтешламов являются важными мерами, которые позволяют использовать вторичное сырье и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Правильное управление нефтесодержащими отходами способствует устойчивому развитию нефтегазовой промышленности и обеспечивает более экологически чистое будущее.

Правильное управление нефтесодержащими отходами имеет важное значение для устойчивого развития нефтегазовой промышленности и обеспечивает экологически более чистое будущее. Это позволяет снизить риск загрязнения почвы, водных ресурсов и атмосферы, а также уменьшить негативное воздействие на биологическое разнообразие и здоровье людей.

В процессе переработки и утилизации нефтешламов применяются различные технологии и методы. Например, механическая и химическая очистка позволяют удалять загрязнения и отделить ценные компоненты для последующего использования. Термическая переработка, такая как пиролиз, позволяет превратить нефтешламы в полезные продукты, в частности топливо и уголь.

Однако необходимо отметить, что переработка и утилизация нефтешламов являются сложными процессами, требующими тщательного контроля и соблюдения строгих экологических стандартов. Они включают в себя правильное хранение, транспортировку, обработку и утилизацию отходов, а также мониторинг за соблюдением требований во время всего процесса.

Всё более жесткие требования и нормативы, направленные на охрану окружающей среды, стимулируют развитие новых технологий и инноваций в области переработки и утилизации нефтешламов. Продвижение более эффективных и экологически чистых методов обращения с отходами помогает минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду и способствует устойчивому развитию нефтегазовой промышленности.

Самое важное свойство любого торфа – улучшение качества почвы, повышения плодородия. Благодаря большому содержанию органического вещества торфяной грунт способен улучшать физические и химические свойства почвы, повышая ее плодородность и эффективность использования воды и питательных веществ растениями. Однако необходимо провести дополнительные исследования, чтобы определить оптимальные условия использования искусственного торфяного грунта, его влияние на окружающую среду и возможные противопоказания. В целом применение искусственного торфяного грунта на основе нефтешламов представляется перспективным и важным шагом в решении экологических проблем и повышении устойчивости сельского хозяйства.

Идея создания искусственного торфяного грунта из нефтешламов действительно имеет потенциал быть экологически и экономически эффективной. Вместо традиционного извлечения торфа, который является долговечным процессом и может иметь негативные последствия для экосистемы,

использование нефтешламов может предоставить более устойчивую альтернативу.

Торфяной грунт является важным компонентом в сельском хозяйстве и садоводстве, так как обладает хорошей способностью удерживать влагу и содержит необходимые питательные вещества для растений. Создание искусственного торфяного грунта из нефтешламов может помочь снизить потребность в традиционном торфе, что может иметь позитивный эффект на окружающую среду. Однако перед использованием искусственного торфяного грунта из нефтешламов авторы повторно делают акцент на необходимости провести исследования и тестирование, чтобы убедиться в его безопасности и эффективности. Также необходимо учитывать потенциальные негативные последствия использования нефтешламов в сельском хозяйстве, такие как загрязнение почвы или растворение токсичных веществ в растительные культуры.

Таким образом, создание искусственного торфяного грунта из нефтешламов может быть одним из шагов на пути к устойчивому развитию, обеспечивая утилизацию отходов и улучшение экологической эффективности не только в промышленности, но и в сельском и лесном хозяйстве.

Список литературы

- [1] Горбаев А.В. Применение бактерий *Rhodococcus erythropolis* для получения из нефтешламов искусственного грунта технического в условиях Восточной Сибири // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13. № 6.
- [2] Карманова А.А. Определение электропроводности и общей минерализации почв г. Архангельск // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2021. № 1. С. 58–63 с.
- [3] Маликова М.Ю. Исследование и совершенствование технологии утилизации нефтешламов. Краснодар. 2004. 124 с.
- [4] Минигазимов Н.С., Расветалов В.А., Зайнулин Х.Н. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. Уфа: Экология, 1999. 299 с.
- [5] Назаров В.П., Освальд Е.С., Лаврентьева Д.В. Пожарная опасность нефтешламовых амбаров, проблемы, связанные с их утилизацией. 2020. 4 с.
- [6] Немченко А.Г., Гапуткина К.А., Блехер Я.С. Обезвреживание и переработка нефтяных шламов. ЦНИИТЭнефтехим, 1974. 73 с.

Сведения об авторах:

Семянцева Полина Кирилловна, студентка I курса, направление 05.04.06 «Экология и природопользование», факультет геологии и геофизики нефти и газа, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Российская Федерация, 119296, г. Москва, Ленинский проспект, д. 65. E-mail: s.polina2015@mail.ru

Ильченко Анжела Асхатовна, старший преподаватель, кафедра геоэкологии, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Российская Федерация, 119296, г. Москва, Ленинский проспект, д. 65. ORCID: 0009-0008-7155-2909; SPIN-код: 1221-7931; AuthorID: 1192627. E-mail: anjela-husainova@rambler.ru