

К вопросу классификации комплексов добычи торфяного сырья

А.А. Мякотных, П.В. Иванова✉, С.Л. Иванов

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ iv@paulli.ru

Резюме: На сегодняшний день обеспечение национальной безопасности государства является основной траекторией его развития. Одним из приоритетных направлений при этом является эффективная добыча природных ресурсов в сочетании с рациональным природопользованием в рамках климатически нейтральной хозяйственной деятельности на основе наилучших доступных технологий. В Стратегии национальной безопасности РФ указаны следующие пути достижения искомых результатов в данной области: устойчивое развитие минерально-сырьевой базы, экологическая реабилитация территорий, предотвращение загрязнения водных экосистем, их восстановление, а также замещение импортного оборудования на горные и технологические машины отечественного производства, развитие научной инфраструктуры и т.д. Один из стратегически важных ресурсов – торф (Россия обладает 35% мировых запасов торфа), однако его значительные запасы сильно обводнены, а осушение торфяных месторождений негативно влияет на состояние окружающей среды, что требует разработки новых технологий и оборудования для их осуществления и вместе с тем разработки расширенной классификации комплексов добычи торфяного сырья. Представленная авторами классификация структурирует существующие комплексы и является ориентиром в направлении актуальности развития новых комплексов добычи торфяного сырья относительно условий реализации их геотехнологии, а также относительно типа движения комплексов и вида добываемого им продукта.

Ключевые слова: торф, добыча торфа, классификация добычи, комплексы добычи, торфяная промышленность, геотехнология, торфяное сырье, наилучшие доступные технологии

Для цитирования: Мякотных А.А., Иванова П.В., Иванов С.Л. К вопросу классификации комплексов добычи торфяного сырья. *Горная промышленность*. 2023;(6):137–142. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-137-142>

On classification of peat extraction complexes

A.A. Myakotnykh, P.V. Ivanova✉, S.L. Ivanov

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

✉ iv@paulli.ru

Abstract: Ensuring the national security of the state is the main path of its development. One of the priority areas is the efficient extraction of natural resources in combination with rational environmental management within the framework of climate-neutral economic activities based on the best available technologies. The National Security Strategy of the Russian Federation specifies such ways to achieve the desired results in this area as sustainable development of the mineral resource base, ecological regeneration of territories, prevention of aquatic ecosystems pollution, their restoration, as well as replacement of imported equipment with mining and technological machines of Russian manufacturers, development of scientific infrastructure, etc. One of the strategically important resources is peat (Russia has 35% of the world's peat reserves), however, its significant reserves are heavily waterlogged and the drainage of peat deposits negatively affects the state of the environment. This requires the development of new technologies and equipment for their implementation and the development of an expanded classification of peat extraction complexes. The classification presented by the authors structures the existing complexes. It serves as a guideline regarding the relevance of developing new peat mining complexes in relation to the conditions for the implementation of their geotechnology, as well as regarding the type of movement of complexes and the type of product they produce.

Keywords: peat, peat extraction, extraction classification, extraction complexes, peat industry, geotechnology, peat raw materials, the best available technologies

For citation: Myakotnykh A.A., Ivanova P.V., Ivanov S.L. On classification of peat extraction complexes. *Russian Mining Industry*. 2023;(6):137–142. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-137-142>

Введение

Торф – альтернативный источник энергии углеводородному сырью [1; 2], кроме того, сернистость торфа не превышает 0,1%, в отличие от угля (0,3–6%) и горючих сланцев (1,4–1,7%) [3], что делает его идеальным сырьем для металлургической и коксохимической промышленности. Вместе с тем применение торфяного сырья в качестве топлива [4] является решением сразу нескольких задач: развития минерально-сырьевой отрасли, энергетического баланса страны, осуществления экологической реабилитации территорий, а также оказывает значительное влияние на занятость населения [5], что соответствует идеям устойчивого развития государства [6; 7]. Кроме топлива торф незаменим в производстве минеральных удобрений [8], а также в сельском хозяйстве в составе питающих смесей для бедных почв и песков [9], в этой связи Китай в прошлом году занимал почти 10% в объеме экспорта торфа из России, Южная Корея – 15%, стоимость общего экспортного потока торфа в 2021 г. составила 33,6 млн долл. США, что превышает показатели 2020 г. и в 6 раз выше показателей 2010 г. По данным годовой статистики международной торговли товарами (рис. 1) рост экспорта торфа неуклонно повышается с 2013 г. и не имеет тенденции к снижению¹.

Учитывая также исследования рынка торфа от «AnalyticResearchGroup», содержащие данные о том, что в 2021 г. объемы производства торфа достигли пиковой отметки за последние 10 лет и составили 2,1 млн т, что на 50,8% больше по сравнению с 2010 г., можно сделать вывод о росте тенденции на добычу торфяного сырья, а исходя из данных той же аналитической компании о локализации производства торфа (треть приходится на Северо-Западный регион, для которого характерны низкие температуры воздуха, повышенная влажность, неблагоприятные погодные условия и т. д.) и способах его добычи (основной способ добычи – фрезерный способ) стоит отметить необходимость смены направления развития добычи торфяного сырья, ориентированную на добычу на неподготовленных обводненных залежах, исключая процедуру осушения территорий для сокращения сезонности работ и негативного влияния на окружающую среду, повышения непрерывности и производительности технологических процессов добычи. Развитие новых или совершенствование существующих геотехно-

гий несет за собой потребность в расширении классификации комплексов добычи торфяного сырья, в ее переосмыслении, анализе и синтезе существующих классификаций.

Методология исследования

Теоретической основой для исследования послужили ранее проведенные систематизации, направленные на структурирование знаний о машинах, комплексах и способах добычи торфяного сырья. Анализ и обобщение существующих классификаций и информации о существующих торфодобывающих комплексах позволил обобщить и классифицировать комплексы горных машин для добычи конкретного торфяного и торфодревесного сырья, учитывая характер месторождения. Идеологической основой классификации является классификация С.Г. Солопова [10], в которой парк торфяных машин прежде всего классифицируется по общему назначению и характеру добываемого сырья. По ГОСТ-21123–85 «Торф. Термины и определения» добыча торфа представлена только фрезерным, скрепер-бульдозерным, экскаваторным, фрезформовочным и кусковым способами, что является только частью возможных технологий добычи торфяного сырья. Так, в 1920 г. появились новые цели в реализации добычи торфа, а именно гидроторфа, и уже к 1930 г. 30% всей добычи осуществлялось с помощью этого способа [11]. Со временем геотехнологии совершенствовались и развивались. До 1990-х годов торфяная промышленность стремительно прогрессировала, чему способствовали инициативы со стороны государства. После 1990-х годов добыча торфяного сырья резко упала в силу объективных причин, а именно перевода ТЭЦ, работающих на торфяных продуктах, на природный газ и нефть. Либерализация основ государственности привела к банкротству действующих предприятий, прекращению развития технологий и машин для разработки торфяных месторождений [12]. Это подтверждает факт влияния государственной политики на ТЭК. Кроме того, политика государства в рамках горизонтальной согласованности между смежными отраслями относительно применения торфяного сырья может привести к успешной реализации проектов по реабилитации торфяной промышленности и развитию экологически безопасного использования торфяников [13]. В силу того что при осушении торфяных месторождений углерод и азот, содержащиеся в залежи, высвобождаются в виде парниковых газов в атмосферу и в виде нитратов в поверхностные воды [14], актуальным является переход на технологии добычи, исключая водопонижение, для сохранения стабильного состояния окружающей среды ареала.

В настоящий момент ведутся разработки новых технологий, комплексов и машин на исследовательском уровне [15; 16]. И вместе с тем предлагаются новые классификации, признанные развивать научное познание объектов и предметов исследования, систематизировать и направить существующие и развивающиеся геотехнологии и средства их осуществления. Так, в исследовании [17] представлена классификация по способам добычи торфа, учитывающая особенности механизации и технологий. В других исследованиях классификация способов разработки представлена на основе отличных от вышепредставленных подходов, к примеру, в исследовании [18] дана классификация с точки зрения экономической составляющей. В исследовании [12] классификация основана на способах добычи торфа. Существуют также узкопрофильные классификации комплексов добычи торфа: классификация машин и оборудо-

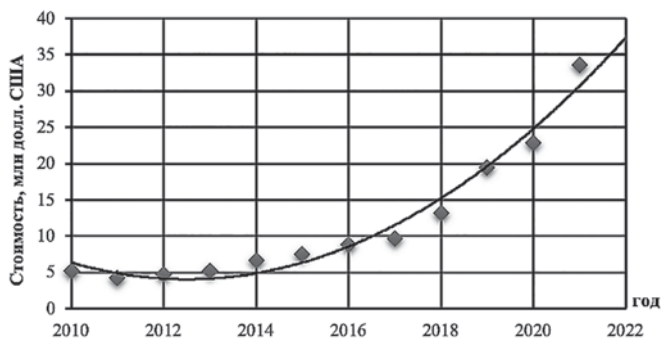


Рис. 1
Динамика экспорта торфа из России в период с 2010 по 2021 г.

Fig. 1
Dynamics of peat export from Russia in the period from 2010 to 2021

¹ TrendEconomy. Годовая статистика международной торговли товарами. Режим доступа: https://trendeconomy.ru/data/h2?commodity=2703&reporter=Russia&trade_flow=Export,Import&partner=World&indicator=TV,YoY&time_period=2010,2011,2012,2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019,2020,2021

дования для добычи и переработки древесных ресурсов торфяного месторождения [19] и классификация технологических машин для фрезерования торфяной залежи [20]. Интересной также представляется классификация технологий разработки торфяных месторождений [21], которая выделяет направления модификаций технологий глубокого и сплошного фрезерования.

Одно из последних исследований [22], основанное на разработке классификации торфяных машин и оборудования, включает в себя учет новых комплексов по добыче торфа, в частности, основанных на добыче без осушения территории, но с уклоном на развитие машин и комплексов для подготовки осушенных площадей. Авторы предлагают несколько векторов развития классификации торфяной техники: по ходу технологического процесса освоения торфяного месторождения; по видам выполняемых операций; по типу получаемого сырья и по видам конструктивных элементов. А также несет в себе идею о детерминированном развитии горного оборудования вместе с технологиями разработки торфяных месторождений.

Ранее авторами было опубликовано исследование [23], включающее разработку обширной классификации технологий и комплексов для добычи и производства торфяной продукции. В ней были отражены такие нестандартные направления технологий и комплексов, как их классификация по стратегиям добычи торфяного сырья; по связям блоков, модулей и машин в комплексе, а также по блокам, модулям и машинам. Но с разработкой новых технологий добычи торфа и совершенствованием существующих появлялась необходимость обновления классификаций с учетом этих технологий.

Стоит подчеркнуть, что перечисленные существующие классификации не охватывают разнообразие всех существующих и развивающихся технологий добычи торфа, следовательно, актуальным является такой подход в этом вопросе, где будут учтены признаки всех существующих технологий и предложенных ранее идей о способах и комплексах добычи торфа.

Результаты

После анализа перечисленных исследований была предложена классификация комплексов добычи торфяного сырья (рис. 2) по нескольким признакам, а именно: по условиям реализации геотехнологии; по типу движения комплексов; по виду добычных комплексов и по виду добываемого сырья.

Добыча торфяного сырья осуществляется в рамках сплошной поперечной/продольной однобортовой/двухбортовой системы разработки и может осуществляться основными комплексами реализации геотехнологии и сопутствующими комплексами для подготовки и ремонта производственных площадей.

Комплексам в классификации был присвоен двухрядный классификационный код. Первый разряд соответствует типу движения комплексов: 0 – наземные колесно-гусеничные комплексы, 1 – комплексы, перемещаемые волоком на платформе, 2 – плавучие комплексы, 3 – шагающие комплексы. Второй разряд – виду добычного ком-

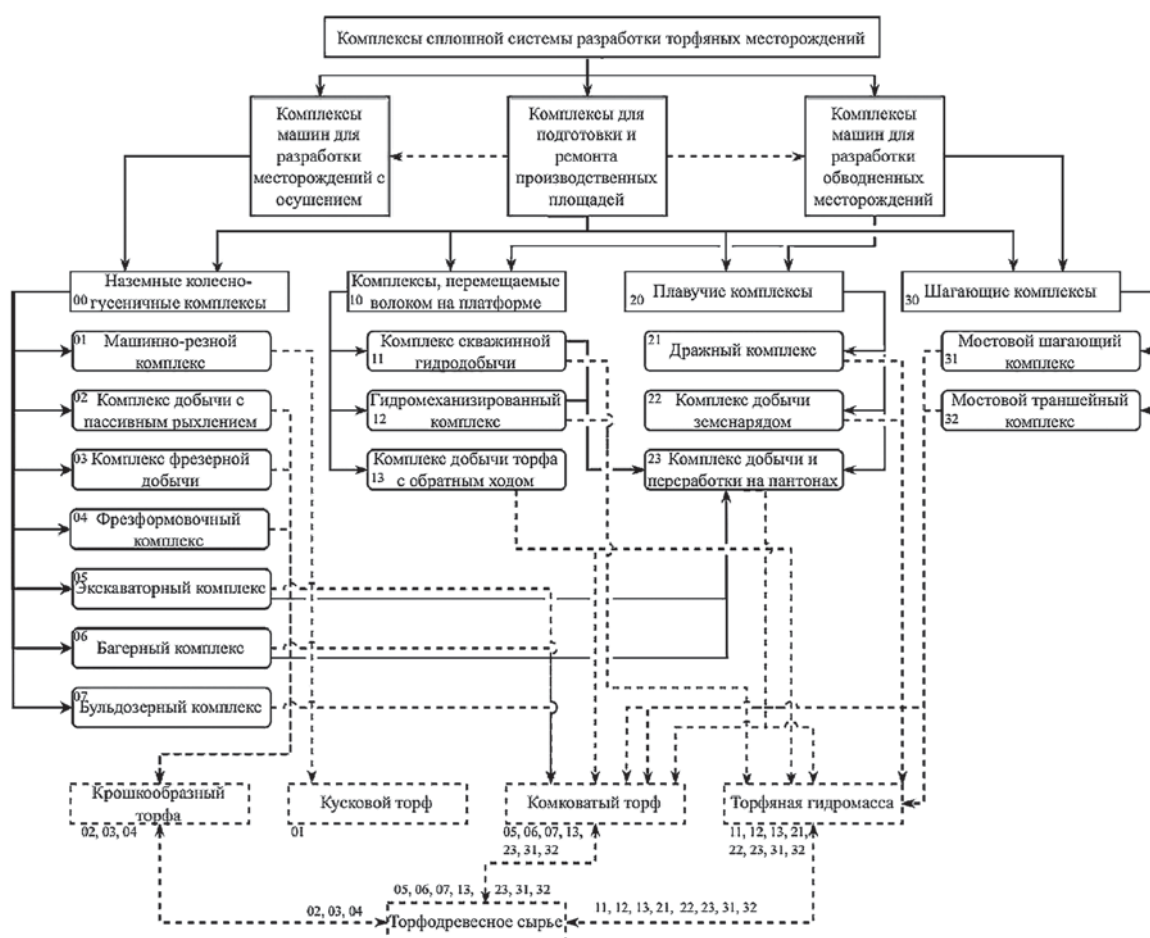


Рис. 2
Классификация комплексов машин для разработки торфяных месторождений

Fig. 2
Classification of machine complexes for development of peat deposits

плекса. К комплексам машин для разработки месторождений с осушением относятся наземные колесно-гусеничные комплексы (00); к комплексам машин для разработки обводненных месторождений – комплексы, перемещаемые волоком на платформе (10), плавающие (20) и шагающие комплексы (30), к комплексам для подготовки и ремонта производственных площадей – все типы комплексов, подразделенные по типу движения, по причине того, что подготовка и ремонт производственных площадей является сопутствующим технологическим процессом для каждого комплекса. К наземно-гусеничным комплексам (00) относятся следующие виды добычных комплексов: машинно-резной комплекс (01), комплекс добычи с пассивным рыхлением (02), комплекс фрезерной добычи (03), фрезформовочный комплекс (04), экскаваторный (05), багерный комплекс (06), бульдозерный комплекс (07). К комплексам, перемещаемым волоком на платформе (10), – комплекс скважинной гидродобычи (11), гидромеханизированный комплекс (12), комплекс добычи обратным ходом (13). К плавучим комплексам (20) относится дражный комплекс (21), комплекс добычи земснарядом (22), комплекс добычи и переработки на пантонах (23). В комплекс добычи и переработки на пантонах (23) могут быть включены, в частности, комплексы (05), (06), (11), (12). К шагающим комплексам (30) относятся мостовой шагающий (31) и мостовой траншейный комплексы (32). При разработке торфяного месторождения получают 4 вида продукта: крошкообразный торф, кусковой торф, комковатый торф, торфяную гидромассу и 3 вида торфодревесного сырья: в виде крошки, комковатого торфа и торфяной гидромассы.

Вид получаемого продукта зависит от типа машин, входящих в комплекс. Относительно видов добываемого сырья комплексы разделяются на следующие виды: для получения кускового торфа применяют машинно-резной комплекс (01); для крошкообразного – комплекс добычи с пассивным рыхлением (02), комплекс фрезерной добычи (03) и фрезформовочный комплекс (04); для комковатого – экскаваторный комплекс (05), багерный комплекс (06), бульдозерный комплекс (07), комплекс добычи обратным ходом (13), комплекс добычи и переработки на пантонах (23), мостовой шагающий (31) и мостовой траншейный (32) комплексы; для добычи торфяной гидромассы – комплекс скважинной гидродобычи (11), гидромеханизированный комплекс (12), комплекс добычи обратным ходом (13), дражный комплекс (21), комплекс добычи земснарядом (22), комплекс добычи и переработки на пантонах (23), а также мостовой шагающий (31) и мостовой траншейный комплексы (32). Торфодревесное сырье получают посредством всех вышеупомянутых комплексов, за исключением машинно-резного комплекса (01). Такая схема позволяет осуществлять выбор необходимого комплекса, ориентируясь на вид продукта, который необходимо получить.

Обсуждение результатов исследований

В данной работе представлена классификация комплексов разработки торфяных месторождений, которая включает в себя классификацию по условиям выполнения работ и учитывает не только традиционные комплексы добычи торфа, осуществляющие работу на месторождении после его осушения, но и комплексы машин, работающих в условиях обводненных месторождений, а также комплексы для подготовки и ремонта производственных площадей.

Различие комплексов по типу движения связано с доведением в схему новых запатентованных комплексов,

ориентированных на добычу торфяного сырья на неосушенных территориях, работа которых осуществляется на неподготовленных залежах. Кроме того, большая часть таких комплексов может включать в себя комбинацию способов добычи торфяного сырья. Так, например, устройство (Пат. №2720341) основано на способе добычи торфа земснарядом, но с включением устройства обезвоживания торфяного сырья в состав комплекса [24] его можно отнести к комплексу добычи земснарядом (22). Или плавучие платформы (Пат. №2655235) с размещенными на них агрегированных торфодобывающих комплексов с модулями переработки (Пат. №2599117, №2651721, №191627) (23). К дражным комплексам (21) можно отнести способ дражной разработки обводненных месторождений (Пат. №2614337), его преимущественной характеристикой является продление сезона добычи торфяного сырья за счет ангара, монтируемого поверх платформы.

В качестве примера комплекса добычи торфа с обратным ходом (13) можно представить принцип геотехнологии обработки неподготовленной торфяной залежи в рамках сплошной однооборотной продольной системы разработки обратным ходом (Пат. № 2756070). Мостовой комплекс (Пат. №2684269) является примером мостового траншейного комплекса (32), в котором в параллельных траншеях устанавливают сваи, служащие опорой настила, по которому перемещают мостовую платформу на опорных колесах. На поверхности мостовой платформы установлены манипуляторы со сменным оборудованием для добычи торфа, корчевания пней и объемных частей древесных включений.

Представленная классификация отличается тем, что в ней комплексы добычи различают по условиям реализации геотехнологии, учитывая актуальные комплексы по добыче торфа на неподготовленных залежах, также в нее внесены разрабатываемые запатентованные добычные комплексы, реализуемые в рамках наилучших доступных технологий, позволяющие осуществлять добычу и переработку сырья с минимальным влиянием на окружающую среду, в частности, без процедуры осушения месторождения, что напрямую связано с устойчивым развитием горных территорий.

Заключение

Энергетическая и экологическая устойчивость является приоритетом в государственных программах развития, в связи с чем торфяные ресурсы и их энергетический потенциал играют значительную роль для стабильного и безопасного состояния государства. С необходимостью перехода на наилучшие доступные технологии для осуществления климатически нейтральной хозяйственной деятельности возрастает потребность в развитии технологий, соответствующих задачам, представленным в федеральных документах. С развитием технологий добычи торфа и появлением новых добычных машин классификация постепенно расширялась или компоновалась по новым признакам. Если в классификации С.Г. Солопова учитываются исключительно традиционные комплексы добычи торфяного сырья, то в исследовании Б.Ф. Зюзина классификация принимает новые формы, а именно учитываются комплексы машин для работ на неосушенных территориях, а также комплексы для добычи торфодревесного сырья. В связи с анализом новых геотехнологий торфяного сырья была введена классификация «по типу движения комплексов», которая выделяет не только наземные комплек-

сы, способные перемещаться по осушенной территории, но и плавучие и шагающие комплексы, что позволит расширять классификацию с появлением новых геотехнологий. В результате развития новых разработок по реализации геотехнологии торфяного сырья была введена классификация «по виду добычных комплексов», включающая широкий перечень комплексов в числе не только традиционных, но и разрабатываемых. Введение связи «комплекс–вид добываемого сырья» обусловлено тем,

что это позволяет предоставлять вариации эффективного комплекса, опираясь на необходимый вид добываемого сырья. Представленная классификация позволит добавлять новые развивающиеся комплексы для добычи торфяного сырья относительно условий реализации их геотехнологии, а также относительно типа движения комплексов и вида добываемого им продукта.

Список литературы

1. Евзеров В.Я. Торф – неиспользованный сырьевой ресурс северо-запада Российской Арктики. *Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН*. 2021;(18):160–164. <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.029>
2. Mugerwa T., Rwabuhungu D.E., Ehinola O.A., Uwanyirigira J., Muyizere D. Rwanda peat deposits: An alternative to energy sources. *Energy Reports*. 2019;(5):1151–1155. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.008>
3. Алпеева Е.А., Гончаров М.С. Торфяная промышленность Российской Федерации: проблемы и перспективы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021;(3):121–130.
4. Banerjee A., Schuitema G. How just are just transition plans? Perceptions of decarbonisation and low-carbon energy transitions among peat workers in Ireland. *Energy Research & Social Science*. 2022;88:102616. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102616>
5. Lempinen H. “Barely surviving on a pile of gold”: Arguing for the case of peat energy in 2010s Finland. *Energy Policy*. 2019;128:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.041>
6. Юрак В.В., Душин А.В., Мочалова Л.А. Против устойчивого развития: сценарии будущего. *Записки Горного института*. 2020;242:242–247. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.2.242>
7. Paul A., Deshamukhya T., Pal J. Investigation and utilization of Indian peat in the energy industry with optimal site-selection using Analytic Hierarchy Process: A case study in North-Eastern India. *Energy*. 2022;239(Part C):122169. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122169>
8. Misnikov O. The use of peat deposits of the Russian federation for organic fertilizers production. *E3S Web of Conferences*. 2020;174:01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017401015>
9. Paoli R., Feofilovs M., Kamenders A., Romagnoli F. Peat production for horticultural use in the Latvian context: Sustainability assessment through LCA modeling. *Journal of Cleaner Production*. 2022;378:134559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134559>
10. Солопов С.Г., Горцакалян Л.О., Самсонов Л.Н. Торфяные машины и комплексы. М.: Недра; 1973. 392 с.
11. Копенкина Л.В. Материалы по истории торфяного дела в России для подготовки специалистов торфяной отрасли. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009;(6):330–337. Режим доступа: https://www.giab-online.ru/files/Data/2009/6/Kopenkina_6_2009.pdf
12. Зюзин Б.Ф., Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Яконовский П.А., Гусева А.М., Оганесян А.С. Современные направления модернизации комплексов оборудования в связи с эволюцией способов добычи торфа. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2015;(6):67–73.
13. Chen Ch., Loft L., Matzdorf B. Lost in action: Climate friendly use of European peatlands needs coherence and incentive-based policies. *Environmental Science & Policy*. 2023;145:104–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.04.010>
14. Joosten H. *Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation*. Germany; 2015. 16 p. <https://doi.org/10.6027/ANP2015-727>
15. Utenkova T., Kremcheev E., Nagornov D., Korotkova O. Effect of electroosmosis to reduce the adhesion of lake sapropel to the metal surfaces of the machine for lake sapropel dewatering. *E3S Web of Conferences*. 2021;326:00015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132600015>
16. Михайлов А.В., Федоров А.С. Анализ параметров мундштука шнекового пресса для 3D-экструзии торфяных кусков трубчатого типа. *Записки Горного института*. 2021;249:351–365. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.3.4>
17. Гамаюнов С.Н., Гамаюнова А.Н. Классификация способов добычи торфа и производства торфяной продукции. Известия высших учебных заведений. *Горный журнал*. 2015;(5):12–18.
18. Гамаюнов С.Н., Гамаюнова А.Н. К вопросу о классификации способов добычи торфа. *Труды Инсторфа*. 2015;(11):13–18.
19. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Зюзин Б.Ф. Экономическая классификация способов разработки торфяного месторождения: рентный подход. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2014;(7):318–323.
20. Жигульская А.И., Лемешев А.В., Гусева А.М., Бурмистров И.С. Классификация машин и оборудования для добычи и переработки древесных ресурсов торфяного месторождения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2014;(11):144–150.
21. Зюзин Б.Ф., Жигульская А.И., Копенкина Л.В. Классификация технологических машин для фрезерования торфяной залежи. В кн.: Лагунова Ю.А. (ред.). *Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: материалы 17-й Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека», г. Екатеринбург, 4–5 апреля 2019 г.* Екатеринбург: Уральский государственный горный университет; 2019. С. 53–56.
22. Зюзин Б.Ф., Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Системный подход к развитию классификации торфяных машин и оборудования. *Горные науки и технологии*. 2022;7(4):320–329. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-06-06>
23. Якупов Д.Р., Иванов С.Л., Иванова П.В., Пермякова Е.К. К вопросу классификации способов добычи торфяного сырья и средств их реализации. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2020;(S34):3–11. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-10-34-3-11>
24. Вагапова Э.А., Иванов С.Л., Иванова П.В., Худякова И.Н. Комплекс гидромеханизированной добычи торфяного сырья с модулем обезвоживания в бегущем магнитном поле. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;(7):21–36. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_7_0_21

References

1. Yevzerov V.Ya. Peat – as an untapped resource of the North-Western Russian Arctic. *Trudy Fersmanovskoi nauchnoi sessii GIKNTs RAN*. 2021;(18):160–164. (In Russ.) <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.029>
2. Mugerwa T., Rwabuhungu D.E., Ehinola O.A., Uwanyirigira J., Muyizere D. Rwanda peat deposits: An alternative to energy sources. *Energy Reports*. 2019;(5):1151–1155. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.008>

3. Alpeeva E.A., Goncharov M.S. Peat industry in Russia: Problems and prospects. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021;(3):121–130. (In Russ.)
4. Banerjee A., Schuitema G. How just are just transition plans? Perceptions of decarbonisation and low-carbon energy transitions among peat workers in Ireland. *Energy Research & Social Science*. 2022;88:102616. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102616>
5. Lempinen H. "Barely surviving on a pile of gold": Arguing for the case of peat energy in 2010s Finland. *Energy Policy*. 2019;128:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.041>
6. Yurak V.V., Dushin A.V., Mochalova L.A. Vs sustainable development: scenarios for the future. *Journal of Mining Institute*. 2020;242:242–247. (In Russ.) <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.2.242>
7. Paul A., Deshamukhya T., Pal J. Investigation and utilization of Indian peat in the energy industry with optimal site-selection using Analytic Hierarchy Process: A case study in North-Eastern India. *Energy*. 2022;239(Part C):122169. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122169>
8. Misnikov O. The use of peat deposits of the Russian federation for organic fertilizers production. *E3S Web of Conferences*. 2020;174:01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017401015>
9. Paoli R., Feofilovs M., Kamenders A., Romagnoli F. Peat production for horticultural use in the Latvian context: Sustainability assessment through LCA modeling. *Journal of Cleaner Production*. 2022;378:134559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134559>
10. Solopov S.G., Gortsakalyan L.O., Samsonov L.N. *Peat machines and complexes*. Moscow: Nedra; 1973. 392 p. (In Russ.)
11. Kopenkina L.V. Historical materials of turf mining in Russia for preparation of turf field specialists. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2009;(6):330–337. (In Russ.) Available at: https://www.giab-online.ru/files/Data/2009/6/Kopenkina_6_2009.pdf
12. Zyuzin B.F., Yakonovskaya T.B., Zhigul'skaya A.I., Yakonovskii P.A., Guseva A.M., Oganessian A.S. Current trends in retrofit installation in view of advance in peat digging. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2015;(6):67–73. (In Russ.)
13. Chen Ch., Loft L., Matzdorf B. Lost in action: Climate friendly use of European peatlands needs coherence and incentive-based policies. *Environmental Science & Policy*. 2023;145:104–115. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.04.010>
14. Joosten H. *Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation*. Germany; 2015. 16 p. <https://doi.org/10.6027/ANP2015-727>
15. Utenkova T., Kremcheev E., Nagornov D., Korotkova O. Effect of electroosmosis to reduce the adhesion of lake sapropel to the metal surfaces of the machine for lake sapropel dewatering. *E3S Web of Conferences*. 2021;326:00015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132600015>
16. Mikhailov A.V., Fedorov, A.S. Analysis of the screw press mouthpiece parameters for 3D extrusion of peat pieces of tubular type. *Journal of Mining Institute*. 2021;249:351–365. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.3.4>
17. Gamaiunov S.N., Gamaiunova A.N. The classification of peat production and peat products manufacture techniques. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2015;(5):12–18. (In Russ.)
18. Gamayunov S.N., Gamayunova A.N. On the classification of methods of peat extraction. *Trudy Instorfa*. 2015;(11):13–18. (In Russ.)
19. Yakonovskaya T.B., Zhigul'skaya A.I., Zuzin B.F. Features of estimation of economic efficiency of technologies of development of peat deposit. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2014;(7):318–323. (In Russ.)
20. Zhigul'skaya A.I., Lemeshev A.V., Guseva A.M., Burmistrov I.S. Classification of machinery and equipment for the production and processing of wood resources peat deposits. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2014;(11):144–150. (In Russ.)
21. Zyuzin B.F., Zhigul'skaya A.I., Kopenkina L.V. Classification of technological machines for milling of peat deposits. In: Lagunova Yu.A. (ed.). *Process Equipment for Mining and Oil and Gas Industry: Proceedings of the 17th International Scientific and Technical Conference "Readings in Memory of V.R. Kubachek", Ekaterinburg, April 4–5, 2019*. Ekaterinburg: Ural State Mining University; 2019, pp. 53–56. (In Russ.)
22. Zyuzin B.F., Yakonovskaya T.B., Zhigul'skaya A.I. A systematic approach to the peat machines and equipment classification development. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2022;7(4):320–329. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-06-06>
23. Iakupov D.R., Ivanov S.L., Ivanova P.V., Permyakova E.K. Classification of peat extraction methods and means of their implementation. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2020;(S34):3–11. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-10-34-3-11>
24. BVagarova E.A., Ivanov S.L., Ivanova P.V., Khudyakova I.N. Hydraulic miner with dewatering of peat in travelling magnetic field. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2023;(7):21–36. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_7_0_21

Информация об авторах

Мякотных Алина Алексеевна – аспирант кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-8982-5476>; e-mail: Myakotnykh_AA@pers.spmi.ru

Иванова Полина Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-8338-418X>

Иванов Сергей Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-7014-2464>

Information about the authors

Alina A. Myakotnykh – Postgraduate Student, Department of Mechanical Engineering, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-8982-5476>; e-mail: Myakotnykh_AA@pers.spmi.ru

Polina V. Ivanova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-8338-418X>

Sergey L. Ivanov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Mechanical Engineering, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-7014-2464>

Информация о статье

Поступила в редакцию: 23.09.2023

Поступила после рецензирования: 24.10.2023

Принята к публикации: 28.10.2023

Article info

Received: 23.09.2023

Revised: 24.10.2023

Accepted: 28.10.2023