

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОФИЦИРОВАННОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИ НЕЙТРАЛЬНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ТОРФА

*Иванов С.Л., Мякотных А.А., Князькина В.И.
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

Ключевые слова: торф, климатически нейтральные геотехнологии, машины для добычи торфа, торфяное болото, торфяная залежь, неосушенное болото, ремонтпригодность, техническое обслуживание, гидравлическая система, акустический сигнал.

Аннотация. На сегодняшний день существуют традиционные способы добычи торфяного сырья, которые применяются повсеместно, но такие способы заключаются в проведении операций по осушению торфяного месторождения, его обработке, ремонте и рекультивации, которые влекут за собой высокие затраты и негативные последствия на окружающую среду, поэтому при выборе технологии добычи торфа следует учитывать сразу несколько факторов, которые позволят осуществить добычу торфа с большей экономической выгодой и с меньшим влиянием на окружающую среду, для реализации таких задач целесообразно разработать такое схемное решение, с помощью которого добыча торфа будет происходить на неподготовленной залежи с применением минимального парка машин и с сохранением природного ландшафта по завершении добычи, удаленное расположение такого оборудования требует высоких требований к техническому обслуживанию и эксплуатации, поэтому актуальным является разработка мероприятия по техническому обслуживанию машины в условиях эксплуатации для повышения работоспособности добычного комплекса.

IMPROVEMENT OF OPERABILITY OF HYDROFICATED B MINING EQUIPMENT FOR IMPLEMENTATION OF CLIMATE-NEUTRAL PEAT GEOTECHNOLOGY

*Ivanov S.L., Myakotnykh A.A., Knyazkina V.I.
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

Keywords: peat, climate-neutral geotechnologies, peat extraction machines, peat bog, peat deposit, undrained bog, maintainability, maintenance, hydraulic system, acoustic signal.

Abstract. Nowadays, there are traditional methods of peat extraction, which are used everywhere, but such methods consist of operations to drain the peat deposit, its processing, repair and reclamation, which entail high costs and negative environmental impacts, therefore, when choosing the technology of peat extraction several factors should be taken into account at once, which will allow to carry out peat extraction with more economic benefit and with less impact on the environment, to realize such tasks it is advisable to develop such a scheme solution, by which peat extraction will take place on an unprepared deposit with the minimum machinery fleet and preservation of the natural landscape upon completion of extraction, location of such equipment requires high requirements for maintenance and operation, so it is relevant to develop measures for maintenance of the machine under operating conditions.

Введение

Существуют два основных метода добычи торфяного сырья – это карьерных и поверхностно-послойный методы. Их, в свою очередь, подразделяют на множество других способов, к примеру, гидравлический, экскаваторный, фрезерный и т.д.

На сегодняшний день традиционные способы добычи торфяного сырья требуют проведения мероприятий по осушению торфяного месторождения, по его подготовке, ремонту и рекультивации, что влечет за собой высокие затраты не только на проведение работ, но и на обеспечение месторождения комплексом машин и оборудования. К таким способам добычи торфа относятся фрезерный, фрезеромовочный, а также экскаваторный способы. В работе [1] авторы предлагают следующую классификацию, относительно применения различных технических средств: экскавация, механическое рыхление и гидромеханизация.

Кроме традиционных способов добычи торфа разработаны и перспективные способы, позволяющие осуществлять добычу торфа без осушения территорий. В настоящее время свое развитие получил гидромеханический способ добычи торфяного сырья [2]. На сегодняшний день данный способ имеет различные модификации в силу развития добывающей техники торфодобывающей отрасли. Например, добыча посредством гидромониторов или скважин [1].

Традиционным способам добычи торфа в основном предшествуют несколько этапов разработки – это осушение территории и подготовка поверхностного слоя месторождения, кроме того, что на проведение подобных мероприятий по подготовке затрачивается значительное количество времени, это также требует применения обширного комплекса машин и оборудования, что превращает подготовку территории в дорогостоящий процесс. Но основным антропогенным фактором осушения торфяной залежи является негативное воздействие на флору и фауну ареала, в частности, деградация биоразнообразия территории, ухудшение гидрологической обстановки, повышение рисков возгорания пожаров и ряд других негативных моментов [3, 4]. Стремление избежать или минимизировать такие последствия стимулируют исследования и разработки по развитию инновационных способов добычи торфяного сырья, а также горного оборудования для их осуществления.

В последнее время проводятся исследования и ведутся разработки горного оборудования по реализации перспективных способов добычи торфяного сырья и комплексов горных машин для их осуществления в рамках климатически нейтральной хозяйственной деятельности [5-7]. Такие способы добычи торфа будут считаться эффективными, если при максимальной экономической прибыли, осуществление процесса добычи будет ограничивать негативное влияние на окружающую среду [8, 9]. Кроме того, важным аспектом является создание такого способа добычи, который позволит осуществлять технологию, минимально зависящую от метеорологических условий, позволяющую перейти к круглогодичному производству качественного торфяного сырья [5].

Осуществляя выбор технологии добычи торфа, следует учитывать сразу несколько факторов, которые позволят осуществить его добычу с большей экономической выгодой и с меньшим влиянием на окружающую среду [10]. При переходе с традиционных способов добычи, проведение которых требует осушения поверхности торфяной залежи, на перспективные способам, при которых уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду, необходима научно-обоснованная оценка выбора адекватных технологических решений, что влечет за собой потребность в новых теоретических и экспериментальных исследованиях, в разработке комплексных или совершенно новых геотехнологиях, обеспечивающих климатически нейтральный эффект на окружающую среду.

Решение задач по применению торфяного сырья в энергетике требует обширного рассмотрения с разных сторон, а также требует поддержки со стороны государства, которое способно обеспечить разработку и реализацию программ по использованию торфа и в энергетике, и в экологии, и в недропользовании, и в машиностроении, последняя из которых особенно важна при развитии торфяной промышленности [7]. Энергетическая и экологическая устойчивость является ведущей в программе развития многих стран мира [11], поэтому важно использовать энергетический потенциал наиболее экологически чистого источника энергии.

Для оценки результатов антропогенного воздействия на окружающую среду сегодня предлагают поставить на замену ликвидациям последствий человеческой деятельности проведение предупредительных мероприятий по контролю состояния окружающей среды. К примеру, основным негативным воздействием на окружающую среду являются осушенные территории, которые после добычи торфа выпадают из эксплуатации. И ставятся новые задачи о повторном обводнении локации, к примеру, в странах Северной Европы и Балтии все деградированные торфяники выбрасывают почти 80 Мт углекислого газа в год, что составляет 25% от общего объема выбросов CO₂ в этих странах [3]. Одной из самых больших, но наименее признанных проблем является проседание почв. Осушенные торфяники теряют 1-2 см высоты в год [3]. Оседание приводит к интенсификации деградации дренажных

систем, проникновению солей в прилегающие торфяники и, в итоге, к потере продуктивных земель. Осушение торфяников также ведет к изменению состояния окружающей среды, так как торфяные болота обладают самой высокой способностью накапливать углерод на единицу площади среди всех наземных экосистем изменение поглотителя углерода торфяников может иметь значительный кумулятивный эффект на глобальные концентрации CO₂ в атмосфере [12], что, в свою очередь, повлечет за собой большое количество выбросов парникового газа в окружающую среду. В глобальном масштабе, надежная защита и управление торфяниками является одной из наиболее экономически эффективных мер в достижении конечной цели – нулевых чистых выбросов углерода, так как такой путь развития торфяной промышленности, а в частности, создание инновационных технологий по добыче торфа позволит уменьшить выбросы CO₂, прекратит их или вовсе сделает отрицательными (при накоплении торфа) [3]. Восстановление водно-болотных угодий является приоритетной задачей во всем мире [12-14].

Таким образом, следует применять такую технологию, которая не потребует осушения и повторного увлажнения, при которой возможны работы на неподготовленных территориях. Исходная влажность торфяника при реализации такой геотехнологии может оставаться на уровне 89-92%. Разработку ведут на картах. После выемки образуются карьеры шириной 120-200 м. Глубина карьеров зависит от мощности торфяной залежи. При проведении выемки фрезой для разрушения структуры залежи и транспортировки полезного ископаемого по трубопроводу на поля сушки торфяного сырья влагой до 95-97%. На поверхности залежи образуется жидкая гидромасса или торфяная пульпа с измельченной древесиной. Сбор гидромассы проводят торфососом в аккумуляторы. Из аккумуляторов жидкая пульпа поступает через магистральные трубопроводы на поля сушки, где происходит обезвоживание торфа, пластическую массу нарезают кусками и досушивают до влаги 40-45%. Сухой кусковой торф убирают бульдозером. В результате добычи получают измельченный гидроторф в виде прочных брикетов.

При выемке торфяного сырья экскаватором ковш последовательно заполняют торфяной стружкой с последующей перегрузкой в транспортные шатлы в виде барж и доставляют на борт карьера для досушки и переработки. В случае использования гидротранспорта разгрузка осуществляется на шнекер, в котором происходит измельчение с последующей передачей пульпы на поля сушки.

В дополнение к этому реализация климатически нейтральной геотехнологии требует высоких требований к надежности эксплуатации оборудования в силу ее удаленного расположения на неосушенной территории и, соответственно, к ее техническому обслуживанию и ремонту.

Материалы и методы исследований

Для реализации одной из целей устойчивого развития (SDG) для компаний минерально-сырьевого комплекса (МСК) предлагается разработать схемное решение климатически нейтральной геотехнологии для добычи торфяного сырья посредством шагающей установки, опоры которой представлены в виде полупогружных платформ. Установка может быть представлена как мостовая конструкция. Преимущество такой конструкции перед существующими заключается в том, что такая установка с опорами в виде полупогружных платформ не потребует демонтажа конструкции. Более того, с применением такого схемного решения будет осуществляться добыча торфяного сырья без осушения территории месторождения, тем самым, выполняя одну из задач стратегии, направленной на установление закономерностей новых конструкций горной техники для реализации климатически нейтральных геотехнологий. При обслуживании такого решения, как уже было сказано, по причине удаленности, на первый план выходят диагностические мероприятия. Так как предложенное решение гидромеханизировано, то следует обратить внимание на статистику причин отказов гидравлических систем. Основным фактором отказов является загрязненная рабочая жидкость [15]. Что требует создания простого и эффективного

инструмента для оценки загрязненности жидкости, не требующего специальной аппаратуры. Решение этих задач представлено в патенте RU 2739147 С1 и представляет собой реализацию контроля рабочей жидкости трансмиссии посредством введения шестеренного насоса в гидравлическую систему, и присоединение к нему датчика акустико-эмиссионного сигнала, подающего сигнал на регистрирующее устройство, находящееся под постоянным контролем оператора. Проверка состояния рабочей жидкости системы проверяется за счет регистрации сигнала, получаемого при контакте пары трения (зубьев шестерен) насоса, пропускающего через себя рабочую жидкость, и сравнения полученного значения с эталонным. За эталонное значение следует принимать зарегистрированные значения сигнала при чистой рабочей жидкости, полученные до ввода в эксплуатацию оборудования после замены масла.

Результаты

Было проведено две серии экспериментов, каждая из которых сопровождалась добавлением в масло абразива в виде электрокорунда, достигая массовой доли загрязненности масла в 1%, 2% и 3%, причем в первой серии эксперимента электрокорунд имел размер 40 мкм, а во второй 100 мкм. В процессе загрязнения масла электрокорундом измеряли значения интегрального показателя акустической эмиссии D , представляющего собой математическое ожидание амплитуды акустического сигнала. Показатель D способен производить интегральную оценку трех видов сигнала, фиксируемых в ультразвуковом диапазоне частот: автоколебания вызванные изменениями условий сопряжения твердых тел; эмиссионные сигналы, формируемые пластическим деформированием и разрушением поверхностей трения; и поверхностные волны [16].

В итоге были получены следующие результаты (рис. 1,2).

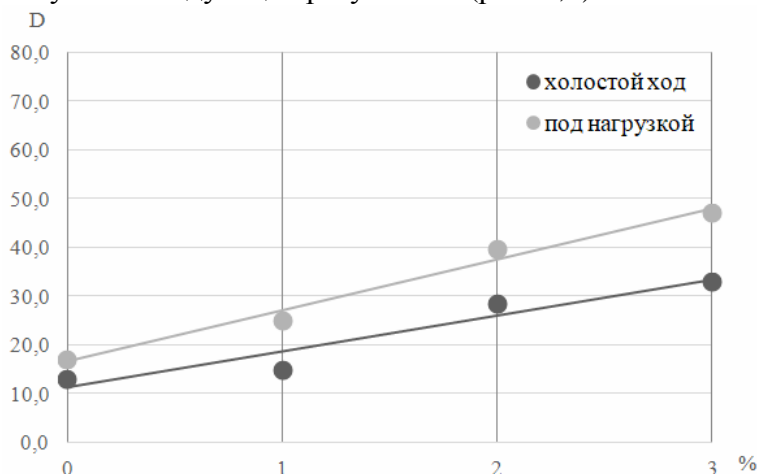


Рис. 1. Зависимость показателя D от концентрации загрязнения рабочей жидкости при размере частиц электрокорунда 40 мкм

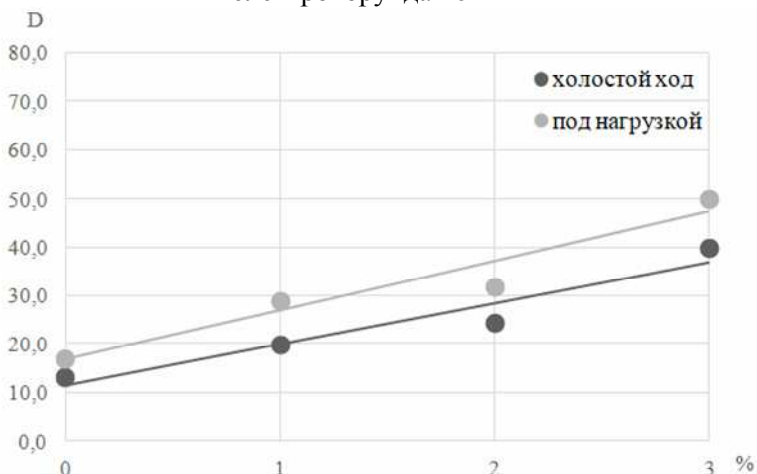


Рис. 2. Зависимость показателя D от концентрации загрязнения рабочей жидкости при размере частиц электрокорунда 100 мкм

Полученные результаты показывают, что с повышением загрязненности рабочей среды гидравлической системы увеличивается и величина акустического сигнала, тем самым, можно считать возможным контроль состояния рабочей жидкости с помощью данного устройства, обеспечивая техническое обслуживание по фактическому состоянию предложенного решения для климатически нейтральной геотехнологии.

Заключение

Существующие методы добычи торфяного сырья не соответствуют стратегическим целям устойчивого развития (SDG) для компаний минерально-сырьевого комплекса (МСК), а также оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Обзор актуальных и перспективных способов добычи торфяного сырья показал то, что каждый способ обладает как преимуществами, так и недостатками, поэтому при выборе технологии добычи торфа следует учитывать сразу несколько факторов, которые позволят осуществить добычу торфа с большей экономической выгодой и с меньшим влиянием на окружающую среду. Выбор наиболее выгодного в экологическом отношении способа добычи торфа должен учитывать воздействие большого комплекта машин по осушению, подготовке, ремонту производственных площадей на атмосферу, водные объекты и другие компоненты экосистем. Осуществляя переход от традиционных способов добычи, проведение которых требует осушения поверхности торфяной залежи, к перспективным способам, при которых уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду, необходима научно-обоснованная оценка выбора адекватных технологических решений, что влечет за собой потребность в новых теоретических и экспериментальных исследованиях, в разработке комплексных или совершенно новых геотехнологиях, обеспечивающих климатически нейтральный эффект на окружающую среду, а также в реализации высокого технического обслуживания для оборудования, которое осуществляет поставленные задачи.

Выводы

1. Обоснованным является необходимость разработки инновационных конструкторско-технологических решений для добычи торфа в современных условиях.
2. Обоснованным представляется выбор решений новых конструкций горного добычного оборудования в пользу их автономности и модульности.
3. Применение подвижных добычных платформ, снабженных элементами шагания, позволяют реализовывать климатически нейтральные технологии при добыче торфяного сырья.
4. Наилучшие доступные технологии в рамках климатически нейтральных геотехнологий позволяют минимизировать негативное антропогенное воздействие на окружающую среду.
5. Обслуживание по фактическому состоянию позволит повысить работоспособность автономного оборудования в условиях удаленного расположения.
6. Обоснованным является контроль состояния рабочей жидкости гидравлической системы путем регистрации интегрального показателя акустико-эмиссионного сигнала, получаемого в процессе взаимодействия пары трения шестеренного насоса, погруженного в рабочую жидкость, который позволит наблюдать за работоспособностью автономного комплекса, в частности, за состоянием его гидравлической трансмиссии.

Список литературы

1. Гамаюнов С.Н., Гамаюнова А.Н. К вопросу о классификации способов добычи торфа // Труды Инсторфа. – 2015. – Т. 11(64). – С. 13-18.
2. Штин С.М. Гидромеханизованная добыча торфа и производство торфяной продукции энергетического назначения / Под ред. И.М. Ялтанца. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 360 с.
3. Hans Joosten. Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation: An issue brief on the importance of peatlands for carbon and biodiversity conservation and the role of drained peatlands as greenhouse gas emission hotspots. Copenhagen: Nordisk Ministerråd, 2015. 14 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.6027/ANP2015-727>.
4. Lempinen H. "Barely surviving on a pile of gold": Arguing for the case of peat energy in 2010s Finland // Energy Policy. Elsevier Ltd. 2019, vol. 128, pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.041>.

5. Михайлов А.В., Кремчев Э.А., Большунов А.В., Нагорнов Д.О. Перспективы развития новых технологий добычи торфа // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №9. – С. 189-194.
6. Kokonkov A.A., Liakh D.D., Ivanov S.L. Autonomous complex module for peat development on watered deposits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing. 2018, vol. 194, p. 032011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/194/3/032011>.
7. Лях Д.Д., Худякова И.Н., Иванов С.Л. Обоснование параметров модуля формирования торфяного сырья и энергомассовых характеристик комплекса оборудования по добыче и переработке торфа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – №6. – С. 93-108. – DOI: [10.25018/0236_1493_2022_6_0_93](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_6_0_93).
8. Кремчев Э.А. Особенности структуры комплекса технологических операций при экскаваторной добыче торфа со стадийным обезвоживанием сырья // Записки Горного института. – 2018. – Т. 231. – С. 225-234. – DOI: <https://doi.org/10.25515/pmi.2018.3.225>.
9. Кашинская Т.Я., Гаврильчик А.П., Агейчик И.В. К вопросу о выборе экологосовместимых технологий освоения торфяных месторождений // Институт природопользования НАН Беларуси. – 2011. – №9. – С. 144-150.
10. Рахимова В.Т., Резник М.А., Кудрякова А.В., Галембо А.А. Оценка существующих технологий добычи торфа с учетом их воздействия на окружающую среду // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С. 430-433.
11. Mugerwa T., Rwabuhungu D.E., Ehinola O.A., Uwanyirigira J., Muyizere D. Rwanda peat deposits: An alternative to energy sources // Energy Reports. Elsevier Ltd. 2019, vol. 5, pp. 1151-1155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.008>.
12. Lunt P.H., Fyfe R.M., Tappin A.D. Role of recent climate change on carbon sequestration in peatland systems // Science of the Total Environment. 2019, vol. 667, pp. 348-358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.239>.
13. Grönroos J., Seppälä J., Koskela S., Kilpeläinen A., Leskinen P., Holma A., Tuovinen J.-P., Turunen J., Lind S., Maljanen M., Martikainen P.J. Life-cycle climate impacts of peat fuel: Calculation methods and methodological challenges // International Journal of Life Cycle Assessment. Springer Verlag. 2013, vol. 18, pp. 567-576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0512-x>.
14. Lundin L., Nilsson T., Jordan S., Lode, E., Strömberg M. Impacts of rewetting on peat, hydrology and water chemical composition over 15 years in two finished peat extraction areas in Sweden // Wetlands Ecology and Management. Springer Netherlands. 2017, no. 4, pp. 405-419. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-016-9524-9>.
15. Зубкова С.Ю., Романов Р.А. Современные методы анализа масел и смазочных материалов // Химическая техника. – 2018. – № 9. – С. 22-24.
16. Сырков А.Г. Синергетические изменения трибохимических свойств в гетерогенных системах, содержащих поверхностно-модифицированные металлы // Записки Горного Института. – 2015. – Т. 216. – С. 122-130.

References

1. Gamayunov S.N., Gamayunova A.N. On the classification of methods of peat extraction // Proceedings of Instorfa. 2015, vol. 11(64), pp. 13-18.
2. Shtin S.M. Hydromechanized peat extraction and production of peat products for energy purposes / Edited by I.M. Yaltants. – M.: Mountain Book Publ. house, 2012. – 360 p.
3. Hans Joosten. Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation: An issue brief on the importance of peatlands for carbon and biodiversity conservation and the role of drained peatlands as greenhouse gas emission hotspots. Copenhagen: Nordisk Ministerråd, 2015. 14 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.6027/ANP2015-727>
4. Lempinen H. “Barely surviving on a pile of gold”: Arguing for the case of peat energy in 2010s Finland // Energy Policy. Elsevier Ltd. 2019, vol. 128, pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.041>
5. Mikhailov A.V., Kremchev E.A., Bolshunov A.V., Nagornov D.O. Prospects for the development of new technologies of peat extraction // Mountain Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2010, no. 9, pp. 189-194.
6. Kokonkov A.A., Liakh D.D., Ivanov S.L. Autonomous complex module for peat development on watered deposits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing. 2018, vol. 194, p. 032011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/194/3/032011>
7. Lyakh D. D., Khudyakova I. N., Ivanov S. L. Justification of parameters of the peat raw material forming module and energy-mass characteristics of the equipment complex for peat extraction and processing // Mountain Information and Analytical Bulletin. 2022, no. 6, pp. 93-108. DOI: [10.25018/0236_1493_2022_6_0_93](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_6_0_93).
8. Kremchev E.A. Features of the structure of the complex of technological operations in excavator mining of peat with staged dehydration of raw materials // Journal of Mining Institute. 2018, vol. 231, pp. 225-234. DOI: <https://doi.org/10.25515/pmi.2018.3.225>.

9. Kashinskaya T.Ya., Gavrilchik A.P., Ageichik I.V. On the choice of ecologically compatible technologies of peat deposits development // Institute of Nature Management of NAS of Belarus. 2011, no. 9, pp. 144-150.
10. Rakhimova V. T., Reznik M. A., Kudryakova A. V., Galembo A. A. Evaluation of existing technologies of peat extraction in view of their impact on the environment // Energy and Resource Saving. Energoberezhenie. Untraditional and renewable energy sources: materials of the All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation. – Ekaterinburg: UrFU, 2016. – P. 430-433.
11. Mugerwa T., Rwabuhungu D.E., Ehinola O.A., Uwanyirigira J., Muyizere D. Rwanda peat deposits: An alternative to energy sources // Energy Reports. Elsevier Ltd. 2019, vol. 5, pp. 1151-1155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.08.008>.
12. Lunt P.H., Fyfe R.M., Tappin A.D. Role of recent climate change on carbon sequestration in peatland systems // Science of the Total Environment. 2019, vol. 667, pp. 348-358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.239>.
13. Grönroos J., Seppälä J., Koskela S., Kilpeläinen A., Leskinen P., Holma A., Tuovinen J.-P., Turunen J., Lind S., Maljanen M., Martikainen P.J. Life-cycle climate impacts of peat fuel: Calculation methods and methodological challenges // International Journal of Life Cycle Assessment. Springer Verlag. 2013, vol. 18, pp. 567-576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0512-x>.
14. Lundin L., Nilsson T., Jordan S., Lode, E., Strömngren M. Impacts of rewetting on peat, hydrology and water chemical composition over 15 years in two finished peat extraction areas in Sweden // Wetlands Ecology and Management. Springer Netherlands. 2017, no. 4, pp. 405-419. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11273-016-9524-9>.
15. Zubkova S.Yu., Romanov R.A. Modern methods for the analysis of oils and lubricants // Chemical engineering. 2018, no. 9, pp. 22-24.
16. Syrkov A.G. Synergistic changes in tribochemical properties in heterogeneous systems containing surface-modified metals // Journal of Mining Institute. 2015, vol. 216, pp. 122-130.

Сведения об авторах:

Information about authors:

| | |
|--|--|
| Иванов Сергей Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры машиностроения | Ivanov Sergey Leonidovich – doctor of technical sciences, professor, professor of mechanical engineering Department |
| Мякотных Алина Алексеевна – аспирант | Myakotnykh Alina Alekseevna – postgraduate student |
| Князькина Валерия Ивановна – аспирант | Knyazkina Valeria Ivanovna – postgraduate student |
| s215044@stud.spmi.ru | |

Получена 31.05.2022