

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО СОЛЯНОГО ПРУДА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

И. А. Пыталев, А. А. Полинов, В. В. Якшина, И. С. Туркин

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация

Аннотация: Обоснован подход к целенаправленному комплексному освоению участка недр при формировании георесурсов, используемых впоследствии в качестве автономных объектов. Рассмотрена возможность создания техногенных емкостей с использованием текущих пород вскрыши для строительства солнечного соляного пруда непосредственно в процессе ведения добычных работ. Представлены варианты обеспечения гидроизоляции ложа пруда при использовании различных теплоносителей. Сформулированы условия эффективного функционирования солнечных соляных прудов в условиях продолжительных отрицательных температур. Проведены расчеты минимальных значений технологических параметров соляного пруда, обеспечивающие его функционирование в климатических условиях Южного Урала. Предложены технические решения прокладки и монтажа рабочего теплопровода в теле ограждающей дамбы солнечного соляного пруда. Обоснована целесообразность использования пород вскрыши в качестве материалов для строительства соляного пруда. Разработана схема взаимоувязки выполнения объемов добычных и вскрышных работ. Описана технология формирования солнечного соляного пруда при открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых.

Ключевые слова: открытая геотехнология, солнечный соляной пруд, возобновляемые источники энергии, комплексное освоение участка недр, техногенная емкость, тепло- и гидроизоляционные материалы

Для цитирования: Пыталев И. А., Полинов А. А., Якшина В. В., Туркин И. С. Обоснование параметров и технологии формирования солнечного соляного пруда при открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 4. С. 56-61. https://doi.org/10.56195/20793332_2024_4_56_61.

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS AND TECHNOLOGY OF FORMATION OF A SOLAR SALT POND IN THE OPEN-PIT MINING OF DEPOSITS OF SOLID MINERALS

I. A. Pytalev, A. A. Polinov, V. V. Yakshina, I. S. Turkin

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation

Abstract: The approach to the purposeful complex development of a subsurface area in the formation of geo-resources, subsequently used as autonomous objects, is substantiated. The possibility of creating man-made tanks using current overburden rocks for the construction of a solar salt pond directly in the process of mining operations is considered. The options for providing waterproofing of the pond bed with the use of various heat carriers are presented. The conditions for the effective functioning of solar salt ponds in conditions of prolonged negative temperatures are formulated. Calculations of the minimum values of the technological parameters of the salt pond, ensuring its functioning in the climatic conditions of the Southern Urals, have been carried out. Technical solutions for laying and installing a working heat pipeline in the body of the enclosing lady of a solar salt pond are proposed. The expediency of using overburden rocks as materials for the construction of a salt pond is substantiated. A scheme has been developed for linking the performance of mining and stripping operations. The technology of formation of a solar salt pond during open-pit mining of solid mineral deposits is described.

Keywords: open geotechnology, solar salt pond, renewable energy sources, integrated development of the subsurface area, technogenic capacity, heat and waterproofing materials

For citation: Pytalev I. A., Polinov A. A., Yakshina V. V., Turkin I. S. Substantiation of parameters and technology of formation of a solar salt pond in the open-pit mining of deposits of solid minerals. Mine Surveying and Subsoil Use. 2024;(4):56-61. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2024_4_56_61.

Введение

На протяжении двух последних десятилетий прослеживается тенденция развития горного дела, направленная на повышение эффективности функционирования горнодобывающего предприятия, оптимизирующая эксплуатационные затраты, и на повышение полноты и комплексности освоения участка недр за счет рационального формирования и использования техногенных георесурсов непосредственно в процессе ведения добычных работ. В 2023 году данная тенденция законодательно закреплена в законе «О недрах» [1], что в значительной мере позволит расширить область вовлечения пород вскрыши при формировании техногенных георесурсов и их использование.

Современный уровень техники и технологий, применяемый в горной отрасли, позволяет создавать сложные (в технологическом плане) конструкции и сооружения, обеспечивающие не только снижение эксплуатационных затрат непосредственно на функционирование горнодобывающим предприятиям. В первую очередь за счет решения вопроса с размещением текущих отходов переработки и получением дополнительной продукции горного производства.

Одним из таких объектов является солнечный соляной пруд [2, 3]. Это обусловлено тем, что эффективность создаваемого солнечного соляного пруда обеспечивается одновременно минимальными тепловыми потерями, максимальной теплопоглощающей способностью, оптимальным объемом рабочей среды при исключении ее потери как за счет фильтрации, так и испарения.

Принципиальная схема солнечного соляного пруда при его формировании из вскрышных пород представлена на рисунке 1.

Солнечный соляной пруд с позиции его формирования и эксплуатации условно можно разделить на следующие основные элементы:

– **рабочую среду** – вещество или материал, непосредственно поглощающий и накапливающий солнечную тепловую энергию. Может использоваться технологическая вода обо-

ротного водоснабжения обогатительной фабрики или карьерного / шахтного водоотлива, рассолы калиевых и магниевых солей, растворенные щелочи и иные материалы;

– **тепло-гидроизолирующие материалы**, используемые для эффективного поглощения тепловой энергии и передачи ее рабочей среде при минимальных потерях на границах контакта с воздушной средой и телом дамбы при исключении просачивания в него;

– **конструкционные материалы**, обеспечивающие создание основного тела техногенной емкости [14];

– **теплопровод / тепломагистраль** – система трубопроводов, заполненная теплоносителем, обеспечивающая передачу тепла из солнечного соляного пруда потребителям.

Обоснование подхода целенаправленного комплексного освоения участка недр при создании источников возобновляемой энергии базируется на анализе опыта строительства и эксплуатации объектов преобразования солнечной энергии, а также горнотехнических сооружений, сформированных в качестве техногенных емкостей. Обоснование параметров солнечного пруда и оценка пригодности использования пород вскрыши выполнено на основе теплотехнических расчетов, каркасного, блочного и имитационного моделирования.

Подход недропользователя, рассматривающего потенциал участка недр, предоставленный ему в рамках лицензии на добычу твердых полезных ископаемых, не только с позиции источника минерального сырья, а в том числе формируемого техногенного георесурса при освоении балансовых запасов, является основой значительного роста эффективности ведения горных работ [4, 5]. В первую очередь это обеспечивается тем, что формируемый техногенный георесурс в виде определенного сооружения или объекта по окончании его строительства должен исключать затраты на его функционирование со стороны недропользователя [6]. Таким образом, в ходе освоения балансовых запасов месторождений твердых полезных ископаемых необходимо обеспечить совмещение горных работ и работ по строительству объектов, напрямую не связанных с добычей полезных ископаемых. Именно проработка вопроса целенаправленного формирования техногенного георесурса на этапе проекти-

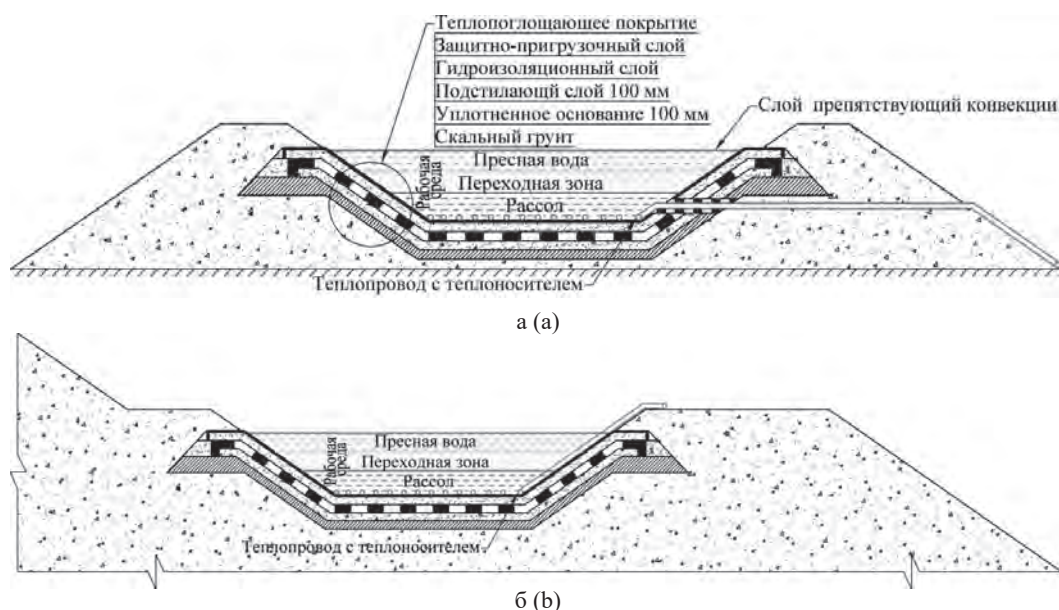


Рис. 1. Принципиальная схема обустройства солнечного соляного пруда на поверхности: а – земельного отвода; б – отвала
Fig. 1. Schematic diagram of the arrangement of a solar salt pond on the surface: a – of the land allotment; b – of the dump

рования горнотехнической системы позволит оптимально распределить затраты на добычные, вскрышные, строительные и рекультивационные работы.

Под автономностью создаваемого объекта на базе формируемого техногенного георесурса следует понимать отсутствие необходимости вспомогательных затрат на выполнение дополнительных мероприятий по обеспечению его основных функций. Поскольку область эффективного использования в народном хозяйстве объектов, созданных в процессе освоения балансовых запасов, ограничена только наличием потребителя, направления целенаправленного их формирования могут как полностью соответствовать существующим направлениям рекультивации, но при условии полного завершения цикла работ и ввода в эксплуатацию непосредственного в процессе разработки месторождения или сразу по ее завершении, так и быть расширены, в том числе до строительства объектов альтернативной энергетики [7]. Именно возможность использования возобновляемых источников энергии с учетом масштаба деятельности горнодобывающих предприятий является одним из приоритетных направлений повышения полноты и комплексности освоения участка недр Земли [8]. Кроме того, на сегодняшний день уровень развития и стоимость установок, обеспечивающих преобразование энергии альтернативных / возобновляемых источников в электрическую, позволяет их использовать в промышленных масштабах [9]. При этом эффективность подавляющего большинства таких установок обуславливается их полезной площадью рабочей поверхности [10, 11]. Возможность увеличения эффективности преобразования солнечной энергии за счет концентрации ее не только на рабочей поверхности, но и в рабочем объеме определенных материалов является весьма перспективным направлением развития альтернативной энергетики [12].

Поскольку в процессе проектирования и функционирования горнотехнической системы возможно формирование техногенных емкостей любой формы в плане и объема с последующим его заполнением рабочими средами, горнодобывающие предприятия могут рассматриваться как площадка для создания возобновляемых источников энергии.

Цель исследований: обоснование параметров и технологии формирования солнечного соляного пруда при открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых.

Методы исследования

Обоснование подхода целенаправленного комплексного освоения участка недр при создании источников возобновляемой энергии базировалось на анализе опыта строительства и эксплуатации объектов преобразования солнечной энергии, а также горнотехнических сооружений, сформированных в качестве техногенных емкостей.

Обоснование параметров солнечного пруда и оценка пригодности использования пород вскрыши осуществлялись на основе теплотехнических расчетов, каркасного, блочного и имитационного моделирования.

Результаты исследований

В последние годы намечена устойчивая мировая тенденция значительного усложнения горно-геологических условий разработки месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом, обуславливающая в том числе и

рост коэффициента вскрыши. При этом вскрыша представлена горными породами с различными физико-механическими и теплофизическими свойствами.

Теплофизические показатели наиболее характерных горных пород, встречающихся при разработке месторождений Южного Урала, представлены в таблице [13].

Таблица / Table

Теплофизические свойства горных пород типичных рудных месторождений Южного Урала
Thermophysical properties of rocks of typical ore deposits of the Southern Urals

Горные породы	Теплопроводность, λ , Вт/м·°К	Теплоемкость, c , кДж/кг·°К	Температуропроводность, $\alpha \cdot 10^3$	
			м ² /с	м ² /час
Глина	0,99	0,755	0,97	-
Глинистые сланцы	1,54–2,18	0,772	0,97	-
Известняк кристалл.	2,18	1,1	0,5–1,2	-
Песчаник плотный	1,27–3,01	0,838	1,39	-
Вода	0,582	4,15	0,14	-
Нефть	0,139	2,1	0,069–0,86	-
Алевриты глинистые	2,22	0,795	1,08	-
Доломит	2,11	0,802	0,995	-
Гранит	2,11–2,83	0,88–1,38	-	3,6–4,2
Гранит-порфировидный	2,27	1,05	-	3,6
Диорит-рогообманковый	1,81	1,13	-	2,1
Габбро	2,27	-	-	1,9
Диабаз-окварцованный	2,35	-	-	2,9
Порфирит кварцевый	1,98	1,17	-	1,8
Туф порфировидный	2,11	0,79	-	4,2

В рамках реализации подхода комплексного освоения участка недр при формировании техногенных георесурсов в виде объектов генерации и аккумуляции тепловой энергии солнца необходимо дифференцирование во вскрышах пород по противодиффузионным и теплофизическим свойствам.

Поскольку комплексность освоения участка недр определяется отношением объемов полученных ресурсов ко вложенным при разработке месторождения [15], ее повышение обеспечивается снижением вовлекаемых дополнительных ресурсов, в связи с этим возможны два варианта месторасположения солнечных прудов: на поверхности земельного отвала или на поверхности отвала.

Строительство солнечного пруда на поверхности отвала позволяет значительно сократить отчуждение дополнительных солнечных земельных ресурсов. При этом независимо от варианта расположения определение рациональных параметров техногенной емкости, формируемой в качестве солнечного соляного пруда, необходимо осуществлять на основе расчета его теплового баланса. Для этого была предложена схема расчета теплового баланса солнечного соляного пруда, формируемого непосредственно в процессе ведения добычных работ (рис. 2).

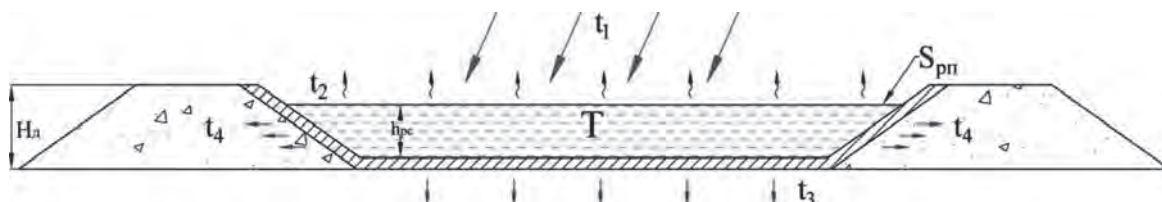


Рис. 2. Схема к расчету теплового баланса солнечного соляного пруда:

t_1 – тепловая солнечная энергия; t_2 – теплопотери на конвекции; t_3 – потери тепла в массив; t_4 – потери тепла в массив через окружающую среду;

$h_{пр}$ – мощность рабочей среды; $S_{пр}$ – площадь рабочей поверхности соляного пруда; H_d – высота дамбы

Fig. 2. Scheme for calculating the thermal balance of a solar salt pond:

t_1 – thermal solar energy; t_2 – heat loss by convection; t_3 – heat loss to the array; t_4 – heat loss to the array through the environment;

$h_{пр}$ – power of the working medium; $S_{пр}$ – the area of the working surface of the salt pond; H_d – the height of the dam

Согласно теплотехническим расчетам, солнечный соляной пруд возможно эксплуатировать и в период продолжительных отрицательных температур. Для этого необходимо минимизировать конвекционную составляющую и исключить образование льда на поверхности пруда. Одним из способов предотвращения кристаллизации верхнего слоя рабочей среды в зимний период является покрытие его синтетической пленкой. Установлено, что для условий месторождения Малый Куйбас минимальный объем рабочей среды, представленной соляным рассолом, составляет 170 тыс. м³ при глубине пруда 5–6 м. Параметры техногенной емкости при этом составят: высота ограждающей дамбы – 7 м, площадь основания – 3,6 га.

Породы вскрыши, образующиеся при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, могут быть в полном объеме использованы в качестве строительного и тепло- гидроизоляционного материала при формировании техногенной емкости в качестве солнечного пруда.

Скальные породы целесообразно использовать в качестве основного материала для строительства ограждающей дамбы, а рыхлые породы вскрыши – в качестве тепло- гидроизоляционных материалов [16]. При этом должна обеспечиваться технология их укладки, предусматривающая подготовку основания и уплотнение подстилающего слоя, в том числе при оформлении верхового откоса ограждающих дамб и отсыпку защитного-перегрузочного слоя. В случае несоответствия пород вскрыши требуемым физико-механическим и теплофизическим характеристикам возможно применение современных строительных материалов и технологий, включающих различные вяжущие, изоляционные и иные материалы.

Решение о применении искусственных материалов должно осуществляться на основе технико-эксплуатационной оценки всего срока эксплуатации солнечного пруда. Одним из перспективных решений по обеспечению гидроизоляционного слоя является использование геомембран и бентоматов. При этом повышается сложность подготовки основания и технология создания противофильтрационного экрана, однако исключается вероятность выхода его из строя по причине неоднородности и непостоянства природного качества рыхлых пород.

Параметры и технология создания солнечного пруда определяется на основе теплотехнических расчетов с учетом наличия и объемов местных пород, пригодных для использования в качестве гидро- и теплоизоляционных материалов.

На начальной стадии строительства солнечного пруда необходимо осуществление планировочных работ для подготовки всей площади его основания, по периметру которого периферийным способом отсыпываются ограждающие дамбы,

а на его верховом отколе и дне в соответствии с площадным способом отвалообразования формируется подстилающий слой, на который механизированным способом укладывается гидроизоляционный материал, поверх которого грейдером планируется пригрузочно-защитный слой. При этом схема взаимоувязки выполнения объемов добычных и вскрышных работ должна основываться на регулировании режима горных работ при учете необходимого количества материалов для формирования солнечного пруда в соответствии с календарным планом его строительства.

Заключение

1. Целенаправленное формирование техногенных георесурсов в качестве объектов генерации и аккумулирования энергии от возобновляемых источников является одним из приоритетных направлений обращения с отходами недропользования.

2. Предложенный подход позволяет использовать объем вскрышных пород и формируемые из них горнотехнические сооружения в виде техногенных георесурсов, обеспечивающих концентрацию и преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую энергии. При этом дифференцирование пород вскрыши по прочностным, противофильтрационным и теплофизическим свойствам позволяет осуществлять их селективную выемку и адресное складирование в процессе ведения горных работ, создавать техногенные емкости для рабочей среды, используемой с целью поглощения и аккумулирования тепловой энергии солнца и ее использования для хозяйственно-бытовых нужд и преобразования ее в электрическую.

3. Скальные породы необходимо использовать в качестве строительного материала для подготовки основания и формирования ограждающих дамб, а рыхлые породы – в качестве гидро- и теплоизоляционных материалов.

4. В результате освоения запасов месторождения твердых полезных ископаемых из пород вскрыши и целенаправленно подготовленного выработанного пространства карьера может быть создан объект, обеспечивающий аккумулирование солнечной тепловой энергии, использование которой предусматривается не только в процессе ведения горных работ, но и после их завершения. При этом может быть осуществлено совмещение работ по рекультивации земель, нарушаемых горными работами, и созданию автономных источников тепловой и электрической энергии, имеющих развитую инфраструктуру.

4. Данные мероприятия позволят осуществлять рекультивацию земель по мере ведения добычных работ не только на пологих, но и крутопадающих месторождениях, на основе чего по соответствующим актам возможно уменьшать площадь земельного отвода горнодобывающего предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О внесении изменений в Закон Российской Федерации "О недрах" и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 14.07.2022 № 343-ФЗ [Электронный ресурс]. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207140118> (дата обращения: 25.05.2024).
2. *Осадчий, Г. Б.* Энергосбережение и возможности установок и систем малой энергетики на базе солнечного соляного пруда (Проект «Альтернативная энергетика») / Г. Б. Осадчий. — Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2012. — 572 с.
3. *Богачев, В. В.* Перспективы применения солнечных соляных прудов для получения тепловой и электрической энергии в Ставропольском крае / В. В. Богачев, С. В. Буслов // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2013. — № 3 (36). — С. 93–97.
4. *Пыталев, И. А.* Обоснование параметров открытой геотехнологии комплексного освоения крутопадающих месторождений для устойчивого развития горнотехнических систем: дис. ... д-ра техн. наук / И. А. Пыталев. — Магнитогорск, 2019. — 360 с.
5. Стратегия комплексного освоения природных и техногенных георесурсов Жезказганского региона / А. Б. Юн, М. В. Рыльникова, И. В. Терентьева, Ю. А. Юн // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2019. — № 3. — С. 213–224.
6. Эффективные технологии использования техногенных георесурсов — основа экологической безопасности освоения недр / К. Н. Трубецкой, В. Н. Захаров, Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова // Горный журнал. — 2016. — № 5. — С. 34–40.
7. *Васильев, Ю. С.* Экология использования возобновляющихся энергоисточников / Ю. С. Васильев, Н. И. Хрисанов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. — 343 с.
8. *Каплунов, Д. Р.* Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых / Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова, Д. Н. Радченко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2015. — № 1. — С. 88–96.
9. *Попель, О. С.* Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике / О. С. Попель // Российский химический журнал. — 2008. — № 6. — С. 95–106.
10. *Черных, М. С.* Эффективное использование низкопотенциального тепла с помощью соляного пруда / М. С. Черных // Оренбург: Эпоха науки. Технические науки. 2018. — 15. — С. 104–106.
11. *Кушнир, В. Г.* Ветер как альтернативный вид энергии / В. Г. Кушнир // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2013. — № 1 (9). — С. 30–32.
12. Концепция комплексного освоения участка недр с формированием новых источников энергии при разработке месторождений твердых полезных ископаемых / А. А. Козловский, А. А. Полинов, И. А. Пыталев, В. В. Якшина // Комбинированная геотехнология: комплексное освоение техногенных образований и месторождений полезных ископаемых: мат.-лы науч.-практ. конф. Магнитогорск, 23–28 мая 2023 года. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, 2023. — С. 55–57.
13. Электрические и тепловые свойства горных пород в условиях нормальных и высоких температур и давлений / У. И. Моисеенко, Л. С. Соколова, В. Е. Истомин; отв. ред. чл.-кор. АН СССР Э. Э. Фотиади; АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т геологии и геофизики. — Новосибирск: Наука, 1970. — 67 с.
14. Методика определения параметров техногенной емкости для условий крутопадающих месторождений полезных ископаемых / Т. С. Кравчук, И. А. Пыталев, Е. Е. Швабенланд, В. В. Якшина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2021. — № 4. — С. 425–435.
15. *Трубецкой, К. Н.* Проектирование карьеров: учебник для вузов: в 2 т. / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. — Т. 1. — 519 с.
16. *Yakshina, V. V.* Способы создания и гидроизоляции техногенной емкости с использованием пород вскрыши / V. V. Yakshina // Актуальные проблемы горного дела. — 2019. — No. 2. — P. 42–48.

REFERENCES

1. Federal Law No. 343-FZ of 14.07.2022 "On Amendments to the Law of the Russian Federation "On Subsoil" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation". Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207140118> (In Russ.).
2. *Osadchy GB.* Energy saving and the possibilities of installations and systems of low energy on the basis of a solar salt pond (Project "Alternative energy"). Omsk, 2012 (In Russ.).
3. *Bogachev VV, Buslov SV.* Prospects for the use of solar salt ponds for the production of thermal and electrical energy in the Stavropol Territory. Bulletin of the North Caucasus Federal University. 2013;3(36):93-7 (In Russ.).
4. *Pytalev IA.* Substantiation of the parameters of open geotechnology for the integrated development of steep-falling deposits for the sustainable development of mining systems: specialty: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2019. (In Russ.).
5. *Yun AB, Rylnikova MV, Terentyeva IV, et al.* Strategy of complex development of natural and technogenic geo-resources of the Zhezkazgan region. News Tula State University. Earth Sciences. 2019;3:213-24 (In Russ.).
6. *Trubetskoy KN, Zakharov VN, Kaplunov MV, et al.* Effective technologies for the use of technogenic geo-resources — the basis of ecological safety of subsoil development. Mining Journal. 2016;5:34-40 (In Russ.).
7. *Vasiliev YuS, Khisanov NI.* Ecology of the use of renewable energy sources. Leningrad, 1991
8. *Kaplunov DR, Rylnikova DN, Radchenko.* The problem of using renewable energy sources during the development of deposits of solid minerals. Physico-technical problems of the development of useful minerals. 2015;1:88-96 (In Russ.).
9. *Popel OS.* Renewable energy sources: role and place in modern and promising energy. Russian Chemical Journal. 2008;6:95-106 (In Russ.).
10. *Chernykh MS.* Efficient use of low-potential heat using a salt pond. Orenburg: Epoch of Science. Technical sciences. 2018;15:104-06 (In Russ.).
11. *Kushnir VG.* Wind as an alternative type of energy. Electrotechnical and information complexes and systems. 2013;1(9):30-2 (In Russ.).
12. *Kozlovsky AA, Polinov AA, Pytalev IA, et al.* The concept of integrated development of a subsurface area with the formation of new energy sources during the development of solid mineral deposits. Combined geotechnology: integrated development of technogenic formations and mineral deposits : Materials of the scientific and practical conference: abstracts, Magnitogorsk, 23-28 May 2023. Magnitogorsk, 2023:55-7 (In Russ.).
13. *Moiseenko UI, Sokolova LS, Istomin VE.* Electrical and thermal properties of rocks under normal and high temperatures and pressures. Novosibirsk, 1970 (In Russ.).
14. *Kravchuk TS, Pytalev IA, Shvabenland EE, et al.* Methodology for determining the parameters of technogenic capacity for conditions of steep-falling mineral deposits. Proceedings of Tula State University. Earth Sciences. 2021;4:425-35 (In Russ.).
15. *Trubetskoy KN, Krasnyansky GL, Chronin VV.* Designing quarries: textbook for universities: in 2 volumes. 2nd ed., reprint. and additional. Moscow, 2001 (In Russ.).
16. *Yakshina VV.* Methods of creating and waterproofing technogenic tanks using overburden rocks. Actual problems of mining. 2019;2:42-8.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пыталев Иван Алексеевич –

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, директор института горного дела и транспорта Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация, e-mail: pytalev_ivan@mail.ru

Полинов Андрей Александрович –

инженер-проектировщик Научно-исследовательского института комплексного освоения георесурсов Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация, e-mail: polinov7675@me.com

Якшина Виктория Владимировна –

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация, e-mail: v.v.yakshina@inbox.ru

Туркин Иван Сергеевич –

кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск, Российская Федерация

Критерии авторства / Contribution:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

ABOUT THE AUTHORS

Ivan A. Pytalev –

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mineral Resources Development, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, e-mail: pytalev_ivan@mail.ru

Andrey A. Polinov –

Design Engineer of the Research Institute of Integrated Development of Geo-Resources, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, e-mail: polinov7675@me.com

Viktoria V. Yakshina –

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Mineral Deposits Development, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, e-mail: v.v.yakshina@inbox.ru

Ivan S. Turkin –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining Machines and Transport and Technological Complexes, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation