

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕМБРАННЫХ ЭКРАНОВ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ДАВИДОВ С. Я.¹, ВАЛИЕВ Н. Г.¹, АПАКАШЕВ Р. А.¹, ДРУЖИНИН А. В.¹, БЕЛОВ В. А.²

¹ Уральский государственный горный университет
(Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30)

² АО «Русская медная компания»
(Россия, г. Екатеринбург, ул. Малышева, 51)

Объект исследований – укрывные устройства для применения при создании водонепроницаемых экранов на хвостохранилищах и водоемах, полужакрытых складах (навесах) на предприятиях, при создании изолирующих покрытий в дорожном строительстве и рекультивации нарушенных земель. В настоящей работе в качестве навесов предлагаются укрывные устройства, апробированные на медеплавильном производстве компании «Норильский никель» и Джезказганского горно-металлургического комбината.

Цель исследований – разработка научно-технических основ укрывного устройства, применяемого при создании водонепроницаемых экранов на хвостохранилищах, складах и водоемах, при реализации изолирующих покрытий в дорожном строительстве и рекультивации нарушенных земель. Выполнен аналитический обзор вариантов использования укрывных устройств в качестве полужакрытых складов (навесов), бескаркасных ангаров, пневмокаркасных сооружений для укрытия оборудования от воздействия окружающей среды, изолирующих покрытий при строительстве полигонов отходов производства различных классов опасности, а также в качестве противифльтрационных экранов площадок кучного выщелачивания и технических водоемов. Приведен пример возможного использования геомембраны для создания водонепроницаемого экрана при выполнении рекультивации хвостохранилища.

Результатом работы является разработка универсального укрывного устройства, обеспечивающего полную механизацию работ при укладке водонепроницаемого полотна как при размотке рулона, так и при работе с противоположным краем полотна.

Применение полученных результатов перспективно на промышленных объектах для минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Ожидаемые социально-экономические эффекты от использования разработанного укрывного устройства заключаются в совершенствовании технологических процессов, используемых в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, повышении производственной безопасности (включая экологическую).

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность; экологическая безопасность; полужакрытые склады; бескаркасные ангара; геомембрана; рулон полотна.

Цель работы. Целью работы является разработка научно-технических основ укрывного устройства, применяемого при создании водонепроницаемых экранов на хвостохранилищах, складах и водоемах, при реализации изолирующих покрытий в дорожном строительстве и рекультивации нарушенных земель.

Процесс промышленного производства предполагает создание необходимых запасов сырьевых и вспомогательных материалов, обеспечение последовательного продвижения объекта труда между участками и цехами, а также накопление, комплектацию и отправку готовой продукции.

Сбор, сортировка и кратковременное хранение отходов производства должны производиться в специально отведенных местах. Отходы производства, содержащие токсичные вещества, должны собираться и храниться на предприятиях в изолированных противифльтрационными экранами местах, исключающих загрязнение почвы, воды, атмосферного воздуха [1].

К изолированным местам относятся полузакрытые склады (навесы), предназначенные для хранения материалов и изделий, подверженных порче от непосредственного воздействия атмосферных осадков. Уголь и кокс хранятся на открытых, специально оборудованных площадках, под навесами. В архитектурно-строительную часть полузакрытых складов входят навесы, которые представляют собой кровлю, поддерживаемую стойками. В качестве навесов могут быть использованы укрывные устройства [2–5], апробированные на медеплавильном производстве компании «Норильский никель» и Дзержинского горно-металлургического комбината. Такой вид навесов (кровли) используется на плоских крышах промышленных и торговых зданий, гаражей, складов, стадионов, автостоянок и иных хозяйственных пристроек [6].

Мобильные бескаркасные ангары из металлоконструкций, обтянутые или обшитые специальным тентом, либо пневмокаркасные сооружения могут быть использованы для укрытия оборудования от воздействия окружающей среды и организации круглогодичной работы мобильных модульных золотоизвлекающих фабрик.

Особенностью бескаркасных сооружений является применение самонесущих металлоконструкций. Ангары, выполненные по бескаркасной технологии, способны выдержать снеговую нагрузку до 480 кг/м^2 и ветровую нагрузку до $150\text{--}200 \text{ км/ч}$.

В отличие от бескаркасных сооружений, в пневмокаркасных сооружениях роль опорных балок играют наполняемые воздухом конструкции. Пневмокаркасные сооружения, в отличие от бескаркасных, выдерживают снеговую нагрузку до 130 кг/м^2 и ветровую нагрузку до 150 км/ч .

В настоящее время неотъемлемой частью организации процесса рационального природопользования является обеспечение экологической безопасности при добыче и переработке полезных ископаемых. В связи с этим постоянно расширяется сфера применения геомембран из различных материалов в качестве изолирующих покрытий.

Наиболее важным качеством геомембран является способность удерживать воду и различные токсичные растворы, имеющие как щелочную, так и кислотную реакции. Кроме того, геомембраны должны иметь высокую прочность на разрыв, прокалывание и деформации, что дает возможность использовать их вместо традиционных материалов, применяющихся для создания гидроупорного слоя, например некоторых видов глины. При этом применение геомембран вместо глины часто бывает не только дешевле, но и позволяет получить значительно более высокие качественные показатели в течение длительного периода времени, так как только гарантийный срок службы геомембран, который обязаны предоставлять на свою продукцию производители, составляет пятьдесят лет.

Технические параметры и работоспособность полиэтиленовых мембран в условиях эксплуатации объекта позволяют применять их в горнодобывающей промышленности:

- при проектировании и строительстве полигонов отходов производства различных классов опасности – твердых и жидких;
- в качестве противодиффузионных экранов площадок кучного выщелачивания, технических водоемов, для покрытия хвостовых дамб;
- при вторичной гидроизоляции резервуарных парков;
- для антикоррозионной и гидроизоляционной защиты металлических, железобетонных конструкций (промышленных резервуаров, заглубленных частей сооружений, инженерных сетей и систем инженерно-технического обеспечения).

Эффективным способом добычи золота является метод кучного выщелачивания. При этом руду необходимо складировать на открытых площадках и проли-

вать реагентами, содержащими цианиды, попадание которых в грунт должно быть полностью исключено. Кроме того, реагенты, проходя сквозь руду, растворяют содержащееся в куче золото и вытекают наружу, где их и собирают для дальнейшего осаждения металлического золота. При этом нельзя допустить утечки продуктивного раствора в грунт.

Надежным способом организации площадок для кучного выщелачивания является укладка геомембраны, на которую и выгружают руду с последующей обработкой кучи реагентами. При этом мембрана способна обеспечить защиту от перечисленных проблем.

Технология кучного выщелачивания предполагает устройство специального полигона. Его назначение: обеспечить штабелирование породы с целью ее выщелачивания; не допустить попадания в почву и окружающую среду агрессивных отходов производства.

В этих случаях тоже можно применить геомембрану для предупреждения утечки воды из искусственного гидротехнического сооружения. Для этого сначала производят проектирование водоема, затем извлекают грунт и освобождают дно от камней, корней и прочих неровностей. Производят планировку дна с подсыпкой глиной до толщины 0,3 м и песка до толщины 0,2 м. Затем укладывают геомембрану и формируют береговую насыпь или оформляют берега иным способом. Затем поверх мембраны делают отсыпку, формируя более естественные берега и дно. После чего приступают к постепенному заполнению водоема водой, периодически контролируя уровень воды на предмет утечек. На завершающем этапе работ устанавливают необходимое водоочистное оборудование.

Отсечка воды с помощью геомембраны позволяет поддерживать дорожное полотно и бетонные конструкции в сухом виде, что чрезвычайно полезно в условиях российского климата. Вода из грунта, попадая внутрь бетонных отливок или в дорожное полотно, замерзает при понижении температуры. Это приводит к разрушению и морозному пучению конструкций. Устройство сплошной гидроизоляции под дорожным полотном или на заглубляемых в грунт узлах позволяет надежно защититься от влаги и избежать подобных проблем.

Материал геомембраны дает возможность уменьшить толщину слоя гидроизоляции, а также распределить нагрузку, а это, в свою очередь, чрезвычайно эффективно в строительстве тоннелей.

Результаты работы. Разработано устройство для применения при создании водонепроницаемых экранов на хвостохранилищах, полузакрытых складах (навесах) на предприятиях и водоемах, при создании изолирующих покрытий в дорожном строительстве и рекультивации нарушенных земель.

Задачей разработки является обеспечение полной механизации работ укладки водонепроницаемого полотна как при размотке рулона, так и при работе с противоположным краем полотна.

Устройство с противодиффузионным полотном (рис. 1) [7–9] содержит приводное устройство (тележку) 1 с поддоном 2. На подвеске 3 тележки 1 на оси 4 установлен барабан 5 с закрепленным на нем одним концом гибким полотном 6. Для облегчения замены барабана 5 с рулоном полотна 6 поддон 2 выполнен с уклоном в сторону размотки этого полотна. Противоположный конец полотна 6 выполнен в виде рукава 7 (рис. 1, б), в который вставлена съемная поперечная тяга 8.

Упругие элементы 9 закреплены посредством опоры 10 на грунтовое основание 11. Съемная опора 13 (рис. 1, б и в) предназначена для закрепления на подвеске 3 тележки 1 упругих элементов 9. Для прижатия середины полотна 6 к покрываемой поверхности грунтового основания 11 и уменьшения подъема покрытия 6 над поверхностью грунтового основания 11 под воздействием ветро-

вой нагрузки предусмотрено использование валиков 12, уложенных поперек полотна. Валики 12 составлены из телескопических труб. Поверхность труб должна быть без острых краев и покрыта гибким материалом.

Укладка противофильтрационного полотна 6 осуществляется механизировано одним из двух возможных способов.

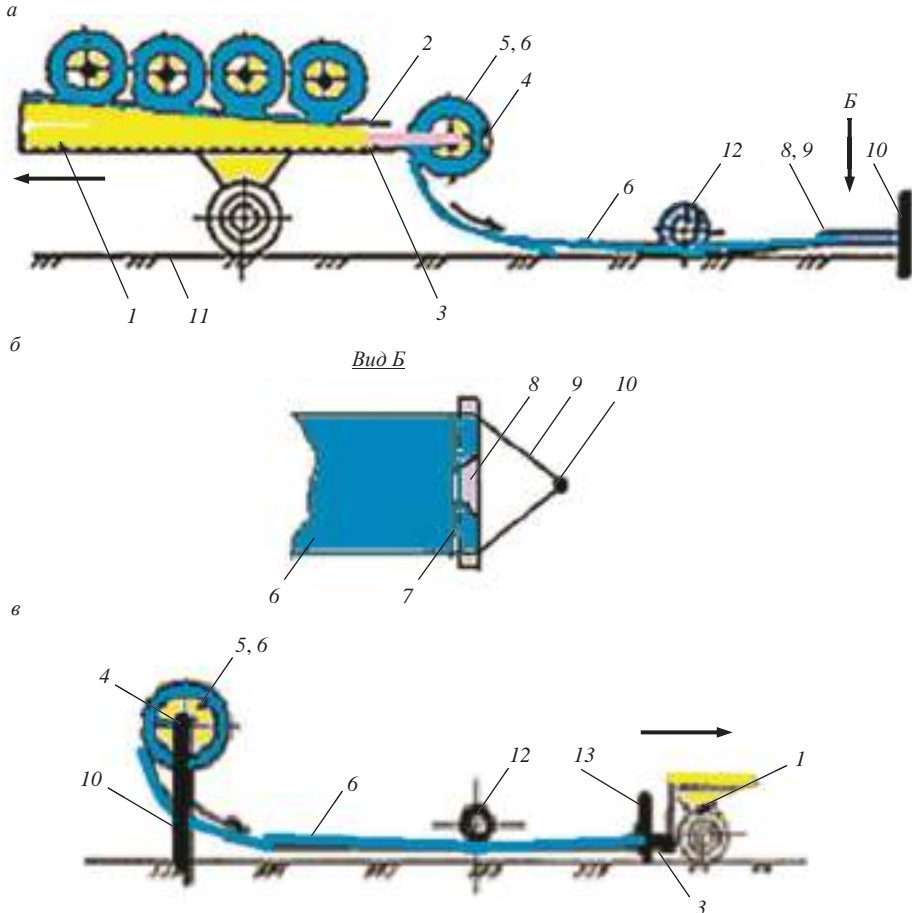


Рис. 1. Схема укрывного подвижного устройства, упругие элементы которого закреплены на грунтовом основании – а; вид В – б; схема укрывного подвижного устройства, упругие элементы которого закреплены на приводном устройстве – в
Fig. 1. The scheme of a traversing cover device, flexible elements of which are fixed at the foundation – а; view along arrow В – б; the scheme of a traversing cover device, flexible elements of which are fixed at the driving – в

При первом способе (рис. 1, а) противоположный конец полотна 6 закрепляется к упругим элементам 9 с помощью съемной поперечной тяги 8. Упругие элементы 9 крепятся посредством опоры 10 на грунтовое основание 11. При удержании противоположного конца полотна 6 посредством опоры 10 в неподвижном состоянии тележка 1 откатывается, разматывая рулон полотна 6. Середина полотна 6 в процессе разматки рулона с барабана 5 находится в прижатом валиками 12 состоянии к укрываемой поверхности грунтового основания 11. В данном случае барабан 5 с рулоном полотна 6 находится на подвижной тележке 1.

После разматки рулона барабан 5 снимается с подвесок 3, а на его место по наклонной плоскости поддона 2 скатывается следующий барабан с рулоном полотна. Процесс разматки повторяется.

При втором способе (рис. 1, в) барабан 5 с рулоном полотна 6 устанавливается стационарно посредством опоры 10 на грунтовое основание 11. Упругие элементы 9 полотна 6 закрепляются с помощью съемной опоры 13 на подвеске 3 тележки 1. Тележка 1 откатывается, разматывая рулон полотна 6 с барабана 5, закрепленного на опоре 10. В данном случае барабан 5 с рулоном полотна 6 находится на неподвижной опоре 10.

Анализ и обсуждение. Расчет толщины геомембраны может быть произведен по формуле, рекомендуемой компанией «Техполимер» [10]:

$$\delta = 150qdK_d / (\sigma K_n),$$

где δ – искомая толщина геомембраны, мм; q – большее из двух значений нагрузок: в период укладки или в период эксплуатации, МПа (0,25–0,71); d – наибольший диаметр частиц грунта, мм; K_d – динамический коэффициент (1,0–1,8); σ – прочность геомембраны на разрыв, МПа (см. табл. 4 из [10]); K_n – коэффициент эффективности защитных прокладок (1,0–1,6).

Толщина геомембраны рассчитывается исходя из сохранности при укладке и в период эксплуатации в теле сооружения.

Геомембраны могут быть армированными. Армирующий материал может быть из тканого геотекстиля, стекловолокна и других материалов. Изготавливают и перевозят геомембраны обычно в рулонах шириной от 1,5 до 10,0 м. Распространенная толщина геомембран колеблется в диапазоне от 1,0 до 3,5 мм. Монтаж противофильтрационного экрана выполняется при температуре не выше +45 °С летом и не ниже –5 °С зимой. Препятствием для качественной укладки являются сильный ветер и интенсивные атмосферные осадки [11].

Область применения результатов. В настоящее время реализуется проект ликвидации хвостохранилища промышленных отходов на территории предприятия «Карабашмедь» в Челябинской области. Для улучшения экологической ситуации планируется выровнять поверхность хвостохранилища, нарастить и укрепить дамбу, сделать водонепроницаемый экран из нескольких слоев суглинков. Сверху будет уложен плодородный слой почвы. В результате на месте хвостохранилища появится благоустроенный сквер с элементами озеленения [12].

Технический этап рекультивации земельного участка предусматривает комплекс работ, направленный на восстановление нарушенных земель при размещении отходов бывшей обогатительной фабрики Карабашского медеплавильного комбината. Потребность в реализации намечаемой рекультивации обусловлена целесообразностью исключения возможности негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Ликвидация хвостохранилища значительно отразится на оздоровлении природной среды района.

Для технологичного решения поставленной задачи авторы настоящей статьи предлагают выполнить водонепроницаемый экран в виде геомембраны из полимерного материала. При этом устройство с противофильтрационным полотном [9] позволит обеспечить полную механизацию работ по укладке водонепроницаемого полотна как при размотке рулона, так и при работе с противоположным краем полотна.

Выводы. Результатом настоящей работы является разработка универсального укрывного устройства, обеспечивающего полную механизацию работ при укладке водонепроницаемого полотна. Применение полученных результатов перспективно на промышленных объектах для минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Ожидаемые социально-экономические эффекты от использования разработанного укрывного устройства заключаются в совершенствовании

нии технологических процессов, используемых в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, повышении производственной безопасности (включая экологическую).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Охрана труда при складировании материалов. URL: <https://studfiles.net/preview/5154393/> (дата обращения 02.07.2018).
2. Давыдов С. Я., Семин А. Н., Валиев Н. Г., Горбунов А. В., Олейникова Л. Н. Энергосберегающие технологии при использовании приводных укрывных устройств в промышленности // Новые огнеупоры. 2015. № 10. С. 18–21.
3. Davydov S. Ya., Semin A. N., Valiev N. G., Gorbunov A. V., Oleinikova L. N. Energy conservation technologies in the use of a power-driven covering apparatus in industry. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2016. Januari. Vol. 56. No. 5. P. 461–464.
4. Укрывное устройство: пат. 2543625 Рос. Федерация. № 2013142028; заявл. 13.09.2013; опубл. 10.03.2015. Бюл. № 7. 3 с.
5. Укрывное устройство: пат. 153240 Рос. Федерация. № 2015106164; заявл. 02.12.2014; опубл. 10.07.2015. Бюл. № 19. 3 с.
6. Мембранная кровля: технология монтажа. URL: <https://krysha-expert.ru/membrannaya-krovlya-tekhnologiya-montazh> (дата обращения 02.07.2018).
7. Устройство для раскладки пленки при образовании противодиффузионных экранов: пат. 488891 СССР. № 1945019; заявл. 17.07.1973; опубл. 25.10.1975. Бюл. № 39. 5 с.
8. Способ создания противодиффузионного экрана: пат. 2598669 Рос. Федерация. № 2014137906; заявл. 18.09.2014; опубл. 27.09.2016. Бюл. № 27. 3 с.
9. Способ создания водонепроницаемого экрана: заявка на изобретение № 2018122731 Рос. Федерация; заявл. 21.06.2018.
10. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противодиффузионных экранов, каналов, водоемов и накопителей. Новочеркасск, 2014. 64 с. URL: <http://www.rosniipm.ru/izdan/2015/baev.pdf> (дата обращения 02.07.2018).
11. Устройство противодиффузионного экрана. URL: <http://www.geoplenka.ru/articles/montage-geomembranes/device-protivofiltratsionnogo-screen/> (дата обращения 02.07.2018).
12. Проект РМК по рекультивации хвостохранилища в Карабаше одобрили эксперты // Вечерний Челябинск. 2017. 14 декабря. URL: <https://vecherka.su/articles/news/132071/> (дата обращения 14.12.2017).

Поступила в редакцию 10 июля 2018 года

Для цитирования: Давыдов С. Я., Валиев Н. Г., Апакашев Р. А., Дружинин А. В., Белов В. А. Использование геомембранных экранов на горнопромышленных предприятиях // Известия вузов. Горный журнал. 2018. № 8. С. 16–22.

Сведения об авторах:

Давыдов Станислав Яковлевич – доктор технических наук, профессор кафедры информатики, главный научный сотрудник отдела хозяйственных НИР Уральского государственного горного университета. E-mail: davidovtrans@mail.ru

Валиев Нияз Гадым Оглы – доктор технических наук, профессор, первый проректор, заведующий кафедрой горного дела Уральского государственного горного университета. E-mail: science@ursmu.ru

Апакашев Рафаил Абдрахманович – доктор химических наук, профессор, заместитель проректора по научной работе Уральского государственного горного университета. E-mail: parknedra@yandex.ru

Дружинин Алексей Владимирович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики Уральского государственного горного университета. E-mail: aleksey.druzhinin@m.ursmu.ru

Белов Владимир Адольфович – кандидат технических наук, заместитель директора по подземным горным работам АО «Русская медная компания». E-mail: belov_vladimir@rcc-group.ru

THE USE OF GEOMEMBRANE SCREENS AT MINING ENTERPRISES

Davydov S. Ia.¹, Valiev N. G.¹, Apakashev R. A.¹, Druzhinin A. V.¹, Belov V. A.²

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

² Russian Copper Company, Ekaterinburg, Russia.

The subject of the research is cover devices applied during the creation of waterproof screens at tailings storages and reservoirs, semi-enclosed storage facilities (sheds) at enterprises, during the creation of insulating coatings in road construction and disturbed land reclamation. The present work suggests applying cover devices, proven at the copper-smelting works of Nor Nickel Group and the Dzhezkazgan Mining and Metallurgical Plant.

Research aims to develop scientific-engineering fundamentals of the cover device applied under the creation of waterproof screens at tailings storages, storage facilities, and reservoirs and under the realization of insulating coatings in road construction and disturbed land reclamation. Analytical review has been carried out concerning various uses of cover devices in the capacity of semi-enclosed storage facilities (sheds), frameless hangars, and pneumoframe constructions to cover the equipment from environmental influences, insulating coverings during the construction of polygons for waste products of various hazard classes, as well as in the capacity of impermeable screens for heap leaching pads and artificial reservoirs. An example is given of a possible use of a geomembrane for the creation of a waterproof screen under the reclamation of a tailings storage.

Research results in the development of a universal cover device providing total mechanization of work when laying waterproof fabric during both reeling off a roll and working with an opposite side of a fabric.

Results application is promising at industrial facilities to minimize negative environmental impacts. The expected social-economic effects from the use of the developed cover device are in the updating of workflows for mining and processing industry, occupational safety (including environmental security) and industrial automation improvement.

Key words: mining industry; environmental security; semi-enclosed storage facilities; frameless hangars; geomembrane; roll of fabric.

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-8-16-22

REFERENCES

1. Provision. Occupational safety at materials warehousing. Available at: <https://studfiles.net/preview/5154393/> (Access date 2nd July, 2018).
2. Davydov S. Ia., Semin A. N., Valiev N. G., Gorbunov A. V., Oleinikova L. N. [Energy saving technologies under the industrial use of the near-water cover devices]. *Novye ognepory – New Refractories*, 2015, no. 10, pp. 18–21. (In Russ.)
3. Davydov S. Ia., Semin A. N., Valiev N. G., Gorbunov A. V., Oleinikova L. N. Energy conservation technologies in the use of a power-driven covering apparatus in industry. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2016. Januari. Vol. 56. No. 5. P. 461–464.
4. [Cover device]. Patent RF no. 2013142028, 2015. (In Russ.)
5. [Cover device]. Patent RF no. 2015106164, 2015. (In Russ.)
6. Membrane roof: installation procedure. Available at: <https://krysha-expert.ru/membrannaya-krovlya-tehnologiya-montazh> (Access date 2nd July, 2018)
7. Kudelia G. M., Kharin A. I., Grigorenko P. P. [A device to lay the film to form impermeable screens]. Patent USSR no. 1945019, 1975. (In Russ.)
8. Baev O. A., Shchedrin V. N., Kosichenko Iu. M., Garbuz A. Iu., Kokarev Ia. V., Baeva A. M. [A method of creating impermeable screen]. Patent RF no. 2598669, 2016. (In Russ.)
9. [A method of creating waterproof screen]. Patent application no. 2018122731, 2018. (In Russ.)
10. Kosichenko Iu. M., Baev O. A. [Recommendations on the use of geosynthetic materials for impermeable screens, channels, reservoirs, and containment ponds]. *Novocherkassk*, 2014. 64 p. Available at: <http://www.rosniipm.ru/izdan/2015/baev.pdf> (Access date 2nd July, 2018). (In Russ.)
11. [Impermeable screen arrangement]. Available at: <http://www.geoplenka.ru/articles/montage-geomembranes/device-protivofiltratsionnogo-screen/> (Access date 2nd July, 2018). (In Russ.)
12. RMK project on the reclamation of a tailings storage in Karabash has been approved by the experts. *Vechernii Cheljabinsk*, 2017, December 14th. Available at: <https://vecherka.su/articles/news/132071/> (Access date 14th December, 2017).

Information about authors:

Davydov Stanislav Iakovlevich – Doctor of Engineering Science, professor of the Department of Informatics, senior researcher of the Department of Economic Agreements on Scientific Research, Ural State Mining University. E-mail: davidovtrans@mail.ru

Valiev Niiaz Gadyim Ogly – Doctor of Engineering Science, Professor, First pro-rector, Head of the Department of Mining Engineering, Ural State Mining University. E-mail: science@ursmu.ru

Apakashev Rafail Abdrakhmanovich – Doctor of Chemical Science, Professor, the deputy of a vice-rector for academic affairs, Ural State Mining University. E-mail: parknedra@yandex.ru

Druzhinin Aleksei Vladimirovich – Candidate of Engineering Science, Head of the Department of Informatics, Ural State Mining University. E-mail: aleksey.druzhinin@m.ursmu.ru

Belov Vladimir Adol'fovich – Candidate of Engineering Science, Deputy Director of Underground Mining, Russian Copper Company. E-mail: belov_vladimir@rcc-group.ru