

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-1-59-65

УДК 622.271.3

ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОРОД ГИДРООТВАЛА НА НОВОЕ МЕСТО

PRINCIPLES OF CHOOSING TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE DEVELOPMENT AND MOVEMENT OF HYDRAULIC-MINE DUMP ROCK TO A NEW LOCATION

Мироненко Илья Александрович,
аспирант, e-mail: ilya.mironenko.86@bk.ru

Илья А. Mironenko, postgraduate

Протасов Сергей Иванович,

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: psi.rmpio@kuzstu.ru, protasov@kuzbass-niogr.ru

Sergey I. Protasov, C. Sc. in Engineering, associate professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000,
Russian Federation

Аннотация: На ряде угольных карьеров Кузбасса возникают трудности отработки запасов угля под ранее сформированными гидроотвалами, в которых размещены породы четвертичных отложений, разработанные средствами гидромеханизации.

В статье определены принципы выбора вариантов технических решений для разработки и перемещения пород, ранее намывных в гидроотвал, на новое место: безопасность и эффективность.

Критерием безопасности являются физико-механические свойства пород массива, т.е. несущая способность поверхности гидроотвала, формирующая его зоны, которые должны разрабатываться соответствующими техническими средствами. Определены основные факторы эффективности.

Принятые принципы, критерии и факторы позволили сформировать методологический подход к выбору вариантов технических решений по разработке и перемещению пород гидроотвала на новое место и обеспечить безопасный доступ к георесурсам открытым способом их разработки, а применение гидромеханизации вносит значительный вклад в снижение затрат на переукладку гидроотвала и добычу полезных ископаемых, которые залегают под гидроотвалом.

Ключевые слова: Принципы, критерии, факторы, методологический подход, выбор вариантов, разработка и перемещение пород гидроотвала.

Abstract: At several coal open-pit mines of Kuzbass there are difficulties in mining coal reserves under the previously formed hydraulic-mine dumps that host rocks of quaternary deposits developed by means of hydraulic mining.

The article defines the principles of selecting options for technical solutions for the development and movement of rock previously washed in the hydraulic-mine dump to a new location: safety and efficiency.

The safety criterion is the physical and mechanical properties of rock mass, i.e. bearing capacity of the surface of the hydraulic-mine dump, forming its zones, which should be developed by appropriate technical means. The main factors of efficiency are defined.

The adopted principles, criteria and factors have allowed us to form a methodological approach to the choice of options for technical solutions for the development and relocation of hydraulic-mine dump rocks to a new

location and to provide a safe access to mineral resources by surface mining, and the use of hydraulic mechanization significantly contributes to reduction of the cost of hydraulic-mine dump relocation and mining of minerals which lie under the hydraulic-mine dump.

Key words: Principles, criteria, factors, methodological approach, choice of options, development and movement of hydraulic-mine dump rocks.

Введение

На ряде крупных угольных карьеров Кузбасса возникают трудности отработки запасов угля под ранее сформированными гидроотвалами, в которых размещены породы четвертичных отложений, разработанные средствами гидромеханизации [1]. Естественным является желание переместить эти породы на новое место и тем самым обеспечить доступ к законсервированным запасам угля.

Фракционный состав уложенных в гидроотвал пород изменяется в результате сегрегации частиц при намыве из потока гидросмеси при её протекании по поверхности пляжа гидроотвала. Это определяет несущую способность основания (поверхности гидроотвала) и характерную смену состава и физико-механических свойств горных пород в намывном массиве, т.е. к формированию в гидроотвале соответствующих зон: песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых пород. Четвертичные вскрышные породы, отработанные ранее на верхних горизонтах карьера средствами гидромеханизации, находясь в гидроотвалах не в консолидированном состоянии, поэтому их отработка с использованием «сухой» технологии практически невозможна, поэтому физико-механические свойства намывных пород определяют перспективу их переукладки путем повторного применения средств гидромеханизации [2-8, 16].

Имеющийся опыт переукладки таких пород из гидроотвала на новое место в другой гидроотвал, в частности из гидроотвала №3 на разрезе «Кедровский» [4, 7], показывает, что недоучет свойств пород в гидроотвале приводит к неожиданным выработкам, обрушениям и оползням пород, а значит к аварийным ситуациям и приостановкам работы.

Следовательно, для разработки пород вышеперечисленных зон гидроотвала, с целью обеспечения безопасности ведения горных работ, должны применяться различные технические средства: землесосные снаряды (зона глинистых пород), гидромониторно-землесосные комплексы (зона суглинистых пород) и гидрокомплекс с предварительным экскаваторным рыхлением пород в навал, который разрабатывается высоконапорной струей гидромонитора (зона песчано-супесчаных пород) [1, 2, 8, 10].

Решение проблемы

Принцип выбора вариантов технических решений для разработки пород, ранее намывных в гидроотвал, и перемещения их на новое место, на наш взгляд, должен базироваться:

- на результатах научных исследований и опыте ведения горных работ при разработке

горных пород землесосными снарядами и гидромониторно-землесосными комплексами [2];

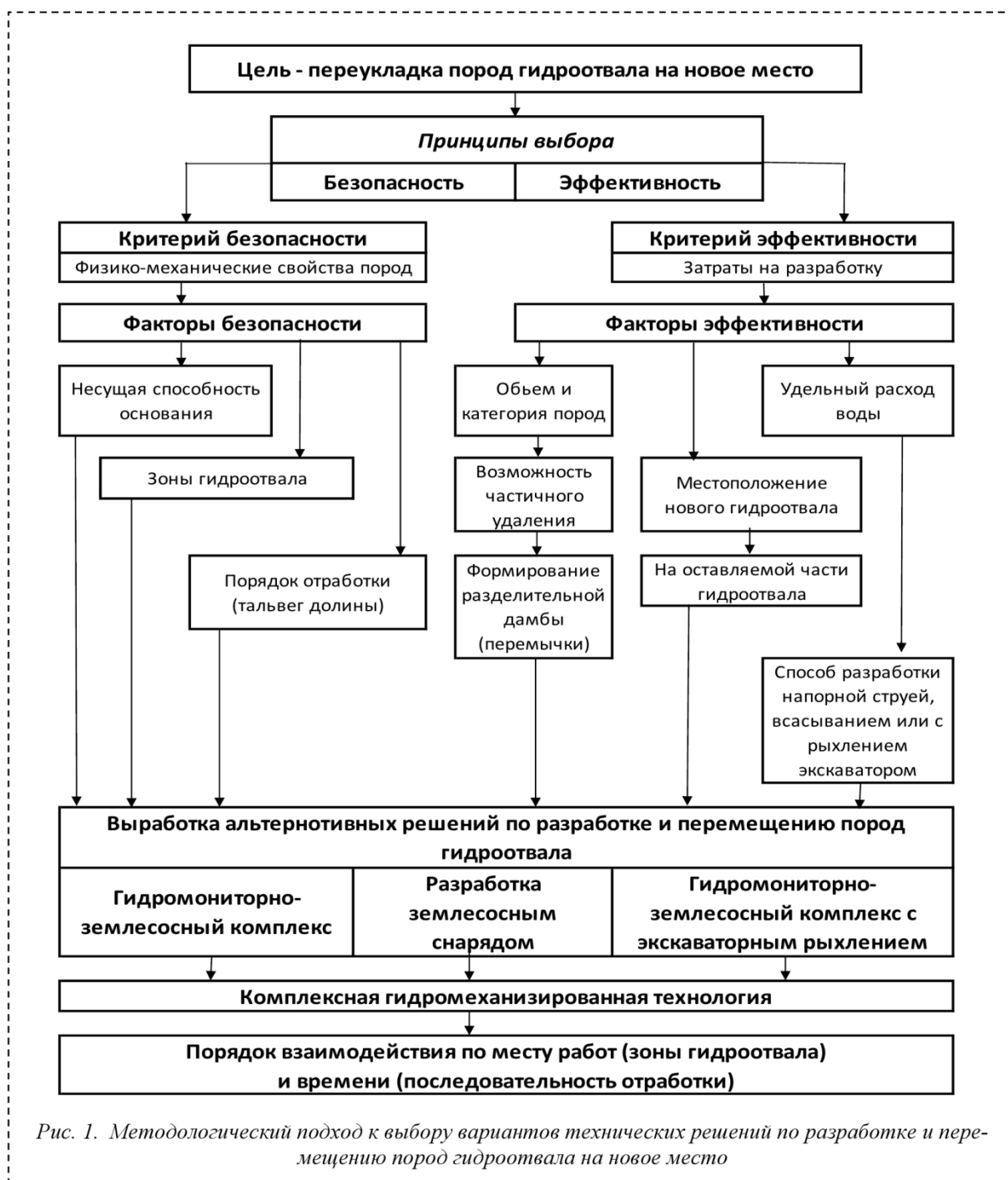
- на результатах анализа итогов переукладки пород гидроотвала разреза «Кедровский» в Кузбассе [3, 4];

- на закономерностях и зависимостях, характеризующих состояние гидротехнических сооружений, которые формируются при ведении открытых горных работ [5, 6, 7].

Принятая научная основа позволила определить главные принципы выбора вариантов технических решений по разработке и перемещению пород гидроотвала на новое место. Ими являются безопасность ведения горных работ и эффективность, которая определяется величиной затрат на разработку, перемещение и укладку пород из гидроотвала на новое место.

Критерием безопасности, который определяет условия безаварийного функционирования технических средств переукладки намывных в гидроотвал пород и сам выбор оборудования, являются физико-механические свойства намывного массива. Фракционный состав уложенных пород изменяется в результате сегрегации частиц при намыве из потока гидросмеси при её протекании по поверхности пляжа гидроотвала. Это определяет несущую способность основания (поверхности гидроотвала) и характерную смену состава и физико-механических свойств горных пород в намывном массиве, т.е. к формированию соответствующих зон: песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых пород. Несущая способность основания и сами зоны гидроотвала, где производятся горные работы, становятся факторами безопасности. Следовательно, для разработки пород вышеперечисленных зон гидроотвала, с целью обеспечения безопасности ведения горных работ, должны применяться различные технические средства: землесосные снаряды (зона глинистых пород), гидромониторно-землесосные комплексы (зона суглинистых пород) и гидрокомплекс с предварительным экскаваторным рыхлением пород в навал, который разрабатывается высоконапорной струей гидромонитора (зона песчано-супесчаных пород).

При переукладке гидроотвала очередность ввода в эксплуатацию гидрокомплексов и порядок отработки различных зон гидроотвала должны обеспечивать исключение возможности негативного воздействия обводненных неконсолидированных глинистых горных пород, которые расположены в его верховьях и фактически «нависают» по тальвегу долины над зонами песчано-супесчаных и



суглинистых пород. Таким образом, порядок отработки зон гидроотвала принят еще одним фактором безопасности, который должен быть учтен при выборе вариантов технических решений по разработке и перемещению пород гидроотвала на новое место [2, 6, 8-11].

Критерий эффективности (затратности), предполагает учет целого ряда факторов. Прежде всего, это объем горных пород, которые следует переуложить для обеспечения доступа к геологическим ресурсам. При этом горные породы имеют различные свойства и для экономической оценки затрат на их разработку и перемещение, необходимо знать соотношение всех категорий пород составляющих

общий объем работ. Немало важным фактором эффективности является возможность частичного перемещения пород гидроотвала, однако, реализация этого преимущества во многом зависит от издержек на формирование разделительной дамбы (перемычки).

От местоположения нового гидроотвала и горнотехнических условий, к которым в первую очередь относится естественная вместимость и необходимость обвалования, зависят затраты на транспортирование и укладку пород. При этом благоприятным фактором является возможность размещения части переукладываемых пород на оставляемой территории гидроотвала, причем это зависит

от степени консолидации основания и ряда других особенностей (экологии, перспектив использования территории и т.п.).

Нельзя забывать, что при применении гидромеханизации удельный расход воды, который требуется для разработки пород, зависит от ее категории (группы), определяется способом разрушения массива – всасыванием, напорной струей или с предварительным рыхлением экскаватором [8, 10, 11]. Этот фактор также влияет на процесс транспортирования и энергозатраты, следовательно, экономически значим.

На основании выше перечисленных принципов, критериев и факторов сформирован методологический подход к выбору вариантов технических решений по разработке и перемещению пород гидроотвала на новое место, схема которого представлена на рис. 1.

При проведении анализа возможных вариантов (с целью выбора наиболее эффективного применения вышеупомянутых гидромеханизированных технологий разработки пород различных зон гидроотвала) должны рассматриваться только те из них, которые обеспечивают безопасность функционирования принятой технологии в каждой из зон гидроотвала, с учетом физико-технические свойства находящихся там пород.

В случае, когда в одной и той же зоне могут функционировать два гидрокомплекса или все три из выбранных, величина удельных затрат по каждой из них позволит выбрать лучший вариант.

При определении порядка отработки участков переукладываемого гидроотвала следует учитывать особенность традиционного способа гидроотвалообразования (при намыве пород со стороны дамбы обвалования), которая заключается в том, что в результате намыва образуется контр уклон поверхности гидроотвала по отношению к уклону тальвега долины, в которой он расположен. При этом в ядерной зоне формируется замкнутое понижение, подпитываемое водой естественного долинного стока, что способствует заболачиванию верховьев гидроотвала и препятствует консолидации пород.

Технический результат выбора варианта – обеспечение безопасного доступа к георесурсам, которые залегают под гидроотвалом, открытым способом их разработки и минимальные затраты на переукладку гидроотвала.

При этом безопасность ведения горных работ обеспечивается не только за счет использования комплекса гидромеханизированных технологий, каждая из которых применяет технические средства, которые соответствуют физико-механическим свойствам пород разрабатываемых зон гидроотвала, но и последовательностью их применения и сочетания. Несущая способность пород третьей зоны гидроотвала однозначно определяет возможность осуществить безопасное функционирование принятой гидротехнологии только при применении

земснарядов.

Правильный выбор последовательности и сочетания гидромеханизированных технологий исключает возможность возникновения аварии и выхода из строя гидротранспортного оборудования при оползнях или выпорах, которые образуются в результате размыва гидромониторами неконсолидированной части пород гидроотвала.

Есть основание считать, что выбранная в соответствии с предложенным методологическим подходом комплексная гидромеханизированная технология переукладки пород гидроотвала, в результате различных сочетаний и организации взаимодействия гидрокомплексов по месту работ (зонам гидроотвала) и времени (последовательность отработки), позволит достигнуть синергетического эффекта.

Одним из наиболее эффективных вариантов решения проблемы отработки четвертичных пород, намывных ранее в гидроотвала является технология предложенная авторами статьи [12]. Совместная технология переукладки пород гидроотвалов за счет взаимодействия работы землесосных снарядов и гидромониторов, когда параметры технологических схем указанных гидрокомплексов наиболее соответствуют свойствам пород отрабатываемых зон гидроотвала, исключает необходимость системы возврата воды в забой земснаряда, как это бывает при традиционном способе их применения. Функцию землесосов по транспортированию пульпы из гидромониторного забоя выполняют землесосные снаряды, количество которых должно соответствовать суммарной производительности гидрокомплекса по породе, которая складывается из объемов, разрабатываемых земснарядами и гидромониторным размывом. Такое техническое решение обеспечивает снижение затрат на переукладку гидроотвала. В результате сочетания разработки пород земснарядами и гидромониторным размывом повышается плотность гидросмеси пород переукладываемого гидроотвала, которая транспортируется по трубопроводу и намывается в новый гидроотвал, т.к. вместо осветленной воды в выработанное пространство к земснаряду подается гидросмесь из гидромониторного забоя. Известно, что при подводной разработке пород всасыванием удельный расход воды больше, чем при размыве струей гидромонитора. Таким образом значительно уменьшается количество воды, находящейся в кругообороте, что сокращает затраты на переукладку гидроотвала для обеспечения доступа к георесурсам.

Учитывая потенциальное плодородие входящих в состав гидросмеси пород, возможен также ее намыв на нарушенные горными работами земли, в том числе на отвалах «сухих» вскрышных пород, после проведения там горнотехнического этапа рекультивации [13-15, 17].

Выводы

Отработка целого ряда месторождений

Кузбасса, перекрытых мощными четвертичными отложениями, достигающими нескольких десятков метров, естественным образом предопределила успешное применение гидромеханизации. Ее применение вызвало создание в непосредственной близости от горных отводов разрезов гидроотвалов для сброса в них гидросмеси. Гидроотвалы заняли достаточно большие площади земель, зачастую над балансовыми запасами угля. В этой связи на ряде разрезов со временем возникла проблема переноса пород из этих гидроотвалов на новое место, для отработки кондиционных запасов угля. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что отработка четвертичных пород, находящихся в гидроотвале не в консолидированном состоянии, с использованием «сухой» технологии практически невозможна.

Вместе с тем имеющийся опыт разработки и переноса пород из гидроотвала на новое место показал, что выбор технологии и оборудования для их гидромеханизированной отработки без учета физико-механических свойств намытых пород приводит к негативным явлениям в виде выпоров, обрушений и оползней, создающих аварийные ситуации и вызывающих остановку горных работ. Сформированный в статье методологический подход к выбору вариантов технических решений по разработке и перемещению различных по свойствам

типов пород из разных зон гидроотвала на новое место позволяет обеспечить безопасный доступ к георесурсам открытым способом их разработки, а применение гидромеханизации вносит значительный вклад в снижение затрат на переукладку пород из гидроотвала.

Предлагаемое в статье новое технологическое решение по совместной отработке пород гидроотвала путем взаимодействия работы землесосных снарядов и гидромониторов, когда параметры технологических схем указанных гидрокомплексов наиболее соответствуют свойствам пород обрабатываемых зон гидроотвала, исключает необходимость системы возврата воды в забой земснаряда, как это бывает при традиционном способе их применения. Функцию землесосов по транспортированию пульпы из гидромониторного забоя в этом случае выполняют землесосные снаряды, количество которых должно соответствовать суммарной производительности гидрокомплекса по породе, которая складывается из объемов, разрабатываемых земснарядами и гидромониторным размывом. В результате применения такого технического решения обеспечивается не только безопасность горных работ, но и снижение затрат на переукладку пород из гидроотвала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мироненко, И. А. Проблемы переукладки гидроотвалов четвертичных вскрышных пород / И. А. Мироненко, С. И. Протасов // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений. Сб. докладов VII Междунар. научно-практ. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 22-25.
2. Деревяшкин, И. В. Гидромеханизация открытых горных работ. Гидромониторно-землесосные комплексы. Учеб. пособие / И. В. Деревяшкин, Е. А. Кононенко, А. В. Демченко. – М. : ИНФРА, 2016. – 149 с.
3. Кузнецова, И. В. Изучение физико-механических свойств намытых горных пород в основании отвальных насыпей при развитии оползневых деформаций подподошвенного типа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2011. – №5. – С. 58-62.
4. Федосеев, А. И. Опыт отработки намытых четвертичных пород с площади бывшего гидроотвала №3 ОАО «Разрез Кедровский» / А. И. Федосеев, В. Р. Вегнер, С. И. Протасов, С.П. Бахаева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2004. – №3. – С. 268-273.
5. Гальперин, А. М. Мониторинг и освоение техногенных массивов на горных предприятиях / А. М. Гальперин, Ю. И. Кутепов, В. С. Круподеров, О. Д. Семенов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2011. – №2. – С. 7-18.
6. Кутепов, Ю. И. Изучение инженерно-геологических условий гидроотвалов Кузбасса на различных этапах существования / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова, А. Х. Саркисян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2004. – №5. – С. 145-149.
7. Бахаева, С. П. Исследование геомеханических процессов техногенных массивов / С. П. Бахаева, С. И. Протасов, Е. В. Костюков, А. И. Федосеев, С. В. Практика // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2005. – №3. – С.41-43.
8. Деревяшкин, И. В. Состояние и перспективы гидромеханизации открытых горных работ / И. В. Деревяшкин, В. В. Чаплыгин, О. Н. Исаев // Маркшейдерия и недропользование. – Москва, 2016. – № 3(83). – С. 6-10.
9. Протасов, С. И. Повышение эффективности работы гидромониторно-землесосного комплекса разреза путем согласования режимов работы его основных систем: учеб. пособие / С.И. Протасов, Е. А.

- Кононенко, П. А. Самусев, Ю. И. Литвин. – Кемерово : КузГТУ. – 2015. – 155 с.
10. Нурок, Г. А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. – М. : Недра, 1979. – 549 с.
 11. Деревяшкин, И.В. Земснаряды на карьерах, их возможности и перспективы / И. В. Деревяшкин, В. В. Чаплыгин, О. Н. Исаев // Маркшейдерия и недропользование. – Москва, 2016. – №4 (84). – С. 39-43.
 12. Патент РФ на изобретение №2661950. МПК⁶ E21C 41/26. Способ переукладки гидроотвала / В. С. Федотенко, С. И. Протасов, И. А. Мироненко, А. Е. Кононенко. – 2017111157; Заявлено 03.04.17; Опубл. 23.07.18; БИ № 21. – 2 с.
 13. Литвин, Ю.И. Аспекты экологической и промышленной безопасности при применении гидромеханизации на разрезах Кузбасса / Ю. И. Литвин, Д. А. Поклонов, С. И. Протасов // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды XII междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : ННЦ ГП - ИГД им. А.А.Скочинского, ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь». – 2011. – С. 248-246.
 14. Лудзиш, В. С. Укладка наносов и коренных вскрышных пород в отвал / В. С. Лудзиш, Ю. В. Лесин, С. А. Прокопенко // Безопасность труда в промышленности. – Москва, 1986. – № 9. – С. 38 – 39.
 15. Михальченко, В. В. Экологически чистые технологии – будущее открытой угледобычи в Кузбассе / В. В. Михальченко, С. А. Прокопенко // Уголь. – Москва, 1992. – №1 (790). – С. 11 – 14.
 16. Klapperich, H. Prediction, Prevention and Protection against the risk related to granular flows-explosions for ground improvement / H. Klapperich, N. Tamaskovics // Proceedings «Landslides-Causes, Impacts and Countermeasures» Conference. Davos United Engineering Foundation, New York, Verlag Gluckauf. – Essen, 2001.
 17. Klapperich, H. Rehabilitation of industrial sites-innovative concepts for geotechnical and engineering geological approaches / H. Klapperich, R. Azzarn // CD-ROM GeoEng 2000. – Melbourne, Australien, 2000.

REFERENCES

1. Mironenko, I. A. The problems of hydraulic-mine dump replacing of the quaternary overburden / I. A. Mironenko, S. I. Protasov // Innovative Geotechnology in the development of ore and nonmetallic deposits. Collection of reports of the VII-th international scientific and practical conference. – Yekaterinburg, 2018. – S 22-25.
2. Derevyashkin, I. V. Hydromechanization of the open pit mining. Hydromechanization complexes. Manual / I. V. Derevyashkin, E. A. Kononenko, A. V. Demchenko. – M. : INFRA, 2016. – 149 s.
3. Kuznetsova, I. V. the Study of physical and mechanical properties of alluvial rocks at the base of dump embankments in the development of landslide deformations of subsurface type // Mining information and analytical Bulletin. – M.: publishing house of Moscow State Mining University. – 2011. – №5. – S. 58-62.
4. Fedoseev, A. I. Experience of mining alluvial quaternary rocks from the area of the former hydraulic-mine dump No. 3 OJSC "the Cut Kedrovskiy" / A. I. Fedoseev, V. R., Wegner, S. I. Protasov, S. P. Bakhaeva // Mining information-analytical Bulletin. – M. : publishing house of Moscow State Mining University. – 2004. – №3. – S. 268-273.
5. Halperin, A. M. The Monitoring and development of technogenic rock mass in mines / A. Galperin, Y. I. Kutepov, V. S. Krupoderov, O. D. Semenov // Mining information-analytical Bulletin. – M.: publishing house of Moscow State Mining University. – 2011. – №2. – S. 7-18.
6. Kutepov, Y. I. Study of engineering-geological conditions of Kuzbass hydraulic-mine dumps in various stages of existence / Y. I. Kutepov, N. A. Kutepova, A. H. Sarkisyan // Mining information-analytical Bulletin. – M. : publishing house of Moscow state mining University. – 2004. – №5. – S. 145-149.
7. Bakhaeva, S. P. Study of geomechanical processes of technogenic massifs / S. P. Bahaeva, S. I. Protasov, E. V. Kostyukov, A. I. Fedoseev, S. V. Practice // Bulletin of Kuzbass State Technical University. – 2005. – №3. – S. 41-43.
8. Derevyashkin, I. V. State and prospects of hydromechanization of open-cast mining / I. V. Derevyashkin, V. V. Chaplygin, O. N Isaev // Mine surveying and subsoil use. – Moscow, 2016. - № 3 (83). – S. 6-10.
9. Protasov, S. I. Increasing the efficiency of the operation of the jetting and suction complex of the mine by coordinating the modes of operation of its main systems: studies. manual / S.I. Protasov, E. A. Kononenko, P. A. Samusev, Yu. I. Litvin. – Kemerovo: KuzGTU. – 2015. – 155 s.
10. Nurok, G. A. Processes and technology of hydromechanization of the open pit mining. – M. : Nedra, 1979. – 549 s.
11. Derevyashkin, I. V. Dredgers in quarries, their capabilities and prospects / I. V. Derevyashkin, V. V. Chaplygin, O. N. Isaev // Mine Survey and Subsoil Use. – Moscow, 2016. – №4 (84). – S. 39-43.
12. RF patent for the invention №2661950. IPC6 E21C 41/26. Method of re-laying of hydraulic-mine dump

/ V. S. Fedotenko, S. I. Protasov, I. A. Mironenko, A. E. Kononenko. – 2017111157; Announced 03.04.17; Publ. 23.07.18; BI № 21. – 2 s.

13. Litvin, Yu.I. Aspects of environmental and industrial safety in the application of hydromechanization in Kuzbass mines / Yu. I. Litvin, D. A. Poklonov, S. I. Protasov // Energy Security of Russia. New approaches to the development of the coal industry: Proceedings of the XII international. scientific-practical Conf. – Kemerovo: NSC GP - IGD them. A.A. Skochinsky, IJU SB RAS, KuzGTU, ZAO KVK “Expo-Sibir”. – 2011. – S. 248-246.

14. Ludzish, V.S. Laying sediment and bedrock in dumps / V.S. Ludzish, Yu.V. Lesin, S.A. Prokopenko // Labor safety in industry. – Moscow, 1986. – № 9. – S. 38 - 39.

15. Mikhachenko, V. V. Environmentally friendly technologies - the future of open-pit mining in Kuzbass / V. V. Mikhachenko, S. A. Prokopenko // Coal. – Moscow, 1992. – №1 (790). – S. 11 - 14.

16. Klapperich, H. Prediction, Prevention and Protection against the risk related to granular flows-explosions for ground improvement / H. Klapperich, N. Tamaskovics // Proceedings «Landslides-Causes, Impacts and Countermeasures» Conference. Davos United Engineering Foundation, New York, Verlag Gluckauf. – Essen, 2001.

17. Klapperich, H. Rehabilitation of industrial sites-innovative concepts for geotechnical and engineering geological approaches / H. Klapperich, R. Azzarn // CD-ROM GeoEng 2000. – Melbourne, Australien, 2000.

Поступило в редакцию 19.02.2019

Received 19 February 2019