

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ

УДК 622.272.5

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-5-13

Исследование системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой и выемкой руды в нисходящем порядке под гибким перекрытием

Валиев Н. Г.¹, Беркович В. Х.¹, Пропп В. Д.^{1*}

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: vladimir.propp@mail.ru

Реферат

Постановка задачи. Предложен новый вариант системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой и выемкой руды в нисходящем порядке под гибким подвесным перекрытием.

Цель работы. Исследовать возможность отработки крутопадающих рудных тел малой мощности системой разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой и выемкой руды в нисходящем порядке под гибким перекрытием.

Методология. Проведены лабораторные и аналитические исследования влияния влажности закладочного материала на его устойчивость, плотность, коэффициент внутреннего трения и, в конечном итоге, на величину нагрузки от части закладочного массива на гибкое перекрытие.

Результаты. Установлено, что разработанный способ послышной выемки под гибким перекрытием конструктивно несложен и применим при отработке крутопадающих рудных тел малой мощности в удароопасных условиях.

Выводы. Предложенная технология может быть использована при отработке крутопадающих рудных тел малой мощности в удароопасных условиях. Ее применение позволит повысить безопасность проведения очистных работ и отказаться от использования дорогостоящего и остродефицитного материала – цемента.

Ключевые слова: горизонтальные слои; нисходящий порядок выемки; гибкое подвесное перекрытие; гидравлическая закладка; физическое моделирование; криволинейная призма; влажность массива.

Введение. Подземная добыча полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях обуславливает необходимость поиска новых вариантов систем разработки, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей и безопасность труда. Одним из возможных вариантов такого поиска является предложенный авторами способ отработки месторождений горизонтальными слоями с гидрозакладкой и нисходящей выемкой руды под гибким подвесным перекрытием. В результате проведенных методом физического моделирования исследований установлено, что разработанный способ послышной выемки под гибким перекрытием конструктивно несложен и применим при отработке крутопадающих рудных тел малой мощности в удароопасных условиях.

Методика проведения исследований. Исследования проводились по данным условий отработки рудных тел Кочкарского месторождения, представленного многочисленными кварцевыми жилами крутого падения. Месторождение в основном обрабатывалось системой разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой, в целом соответствующей горно-геологическим условиям и имеющей

удовлетворительные технико-экономические показатели [1–4]. Однако с понижением уровня горных работ на отдельных участках при ведении очистных работ возникли осложнения, связанные с различными проявлениями горного давления, в том числе и динамическими. На участках со сложными горно-геологическими условиями резко ухудшились показатели добычи, повысилась опасность травматизма работающих. Все это обусловило необходимость применения новых вариантов системы разработки, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей и безопасность труда. Вывод специалистов-геомехаников был однозначен: при отработке участков, опасных по горным ударам, наиболее целесообразна послойная выемка в нисходящем порядке, так как очистные работы в этом случае ведутся в подработанной, а следовательно, разгруженной зоне [5].

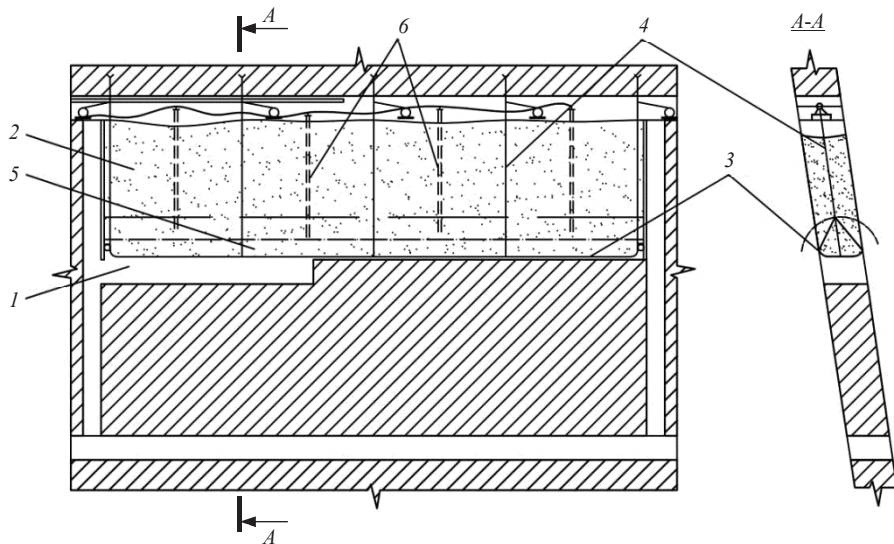


Рис. 1. Вариант системы разработки горизонтальными слоями с гибким перекрытием и нисходящим порядком выемки:
 1 – очистная выработка; 2 – закладочный массив; 3 – гибкое перекрытие; 4 – тросы подвески;
 5 – объем криволинейной призмы; 6 – напорные трубопроводы
 Fig. 1. A variant of the development system of horizontal layers with flexible overlap and descending order of excavation:
 1 – cleaning development; 2 – backfill array; 3 – flexible overlap; 4 – suspension cable; 5 – the volume of a curved prism; 6 – pressure pipelines

Слоевая система разработки с выемкой в нисходящем порядке и твердеющей закладкой – технология безопасная, с большими резервами в плане повышения производительности труда, качества выемки полезного ископаемого [6, 7]. Однако за счет необходимости применения в значительных объемах дорогостоящего и остродефицитного материала – цемента – существенно увеличивается себестоимость добываемой руды [8–14]. Поэтому одной из задач исследователей была разработка способа ведения очистных работ без использования твердеющих смесей. Испытания нового варианта системы разработки, проведенные при отработке Кочкарского месторождения, показали его соответствие горно-геологическим условиям. Сдерживала внедрение этого варианта лишь высокая трудоемкость работ по сооружению подвесных перекрытий, достигающая 50 % в общем балансе трудозатрат по системе.

Суть нового варианта заключается в следующем (рис. 1). Очистная выработка 1 проходится под массивом закладки 2, который поддерживается гибким перекрытием 3, подвешенным на тросах 4.

Закладочный массив создается из хвостов обогатительной фабрики без каких-либо вяжущих добавок. Гибкое перекрытие представляет собой двух-трехслойный настил из металлической сетки с диаметром ячеек 10 × 10 мм, который сверху покрывается прорезиненной тканью, обеспечивающей дренаж воды из закладочного массива. Перекрытие усиливается тросами подвески диаметром 28–30 мм, уложенными через 2–3 м. Способ подачи закладочного материала – гидравлический. Управление устойчивостью закладочного массива, а следовательно и кровлей очистной выработки, основано на том, что сыпучий закладочный материал обладает свойством изменять в зависимости от влажности некоторые свои прочностные характеристики.

Технологический цикл включает следующие операции. После отработки очередного слоя тросы подвески ослабляются и гибкое перекрытие вместе с частью закладочного массива 5 опускается на почву отработанного слоя. До этого момента массив закладки должен иметь влажность W_1 , обеспечивающую его максимальную устойчивость. Система подвески, таким образом, будет испытывать нагрузку только от некоторой отделившейся части закладочного массива, представляющей собой криволинейную призму, ограниченную сверху сводом естественного равновесия, а снизу – гибким перекрытием. Под действием этой нагрузки и происходит опускание перекрытия на почву отработанного слоя. После этого в закладочный массив через напорные трубопроводы 6 нагнетается вода и его влажность повышается до значения W_2 , при котором закладочный массив теряет свою устойчивость. Водонасыщенный закладочный материал приобретает свойства плывуна и опускается на почву отработанного слоя. Затем прекращается подача воды, производится натяжка системы подвески перекрытия и дренаж закладочного массива до влажности W_1 . После этого под защитой искусственного перекрытия могут начинаться очистные работы на новом слое.

Такова принципиальная схема предложенной технологии. Как видно из описания, ее узловым моментом является определение нагрузок на систему подвески гибкого перекрытия при устойчивом состоянии закладочного массива, а также интервала влажностей, обеспечивающего такое состояние.

Исследование устойчивости закладочного материала в зависимости от его влажности проводили в лабораторных условиях методом физического моделирования. Модель представляла собой ящик размерами 350 × 1200 × 600 мм, передняя стенка которого выполнена из органического стекла. Боковые стенки ящика с целью имитации шероховатости с внутренней стороны были покрыты мраморной крошкой. Дно ящика откидное, на шарнирах и снабжено замковым устройством. Геометрические параметры модели соответствовали средним размерам очистного блока при вертикальном падении рудной залежи в масштабе 1 : 10. Для засыпки модели использовали реальный закладочный материал плотностью 1400 кг/м³ при воздушно-сухой влажности.

Экспериментальный ящик полностью засыпался закладочным материалом. Затем материал насыщался водой до предельной влагоемкости, после чего его оставляли на определенное время, в течение которого происходил дренаж излишков воды и некоторое его подсыхание. Изменением этого промежутка времени регулировалась влажность закладочного массива. После этого открывалось замковое устройство и днище на шарнирах откидывалось. В образовавшееся отверстие проваливался материал, а над отверстием образовывался свод естественного равновесия, который по длине имел примерно одинаковое очертание. Замеры высоты свода проводились в четырех сечениях, и среднее из них фиксировалось. Затем в трех точках свода отбирались пробы закладочного материала, которые просушивались в сушильном шкафу при температуре 105° С. Взвешивание проб до и после просушивания определяло влажность массива и соответствующий ей объемный вес материала.

Влажность закладочного материала W , %, вычислялась по формуле [11]

$$W = [(G_1 - G_2)/(G_1 - G_0)]100 \%,$$

где G_1 – вес бюксы с влажным образцом, кг; G_2 – вес бюксы с высушенным образцом, кг; G_0 – вес пустой бюксы, кг.

Результаты экспериментов в части определения зависимости высоты свода от влажности закладочного массива приведены далее, даны средние значения W и h .

Высота свода естественного равновесия закладочного массива при различных значениях влажности

The height of the set of natural equilibrium of the backfill array at different values of humidity

W , %	5,3	7,8	12,9	16,1	22,2	26,0
h , мм	–	142	102	60	48	40

В материале, имеющем влажность 5,3 %, свода не образовалось. На основании представленных данных построен график, изображенный на рис. 2. Характер кривой на графике говорит о наличии явной зависимости высоты свода от влажности материала. Судя по имеющимся данным, эта зависимость нелинейного характера, однако с полной уверенностью об этом можно будет говорить после серии дополнительных экспериментов.

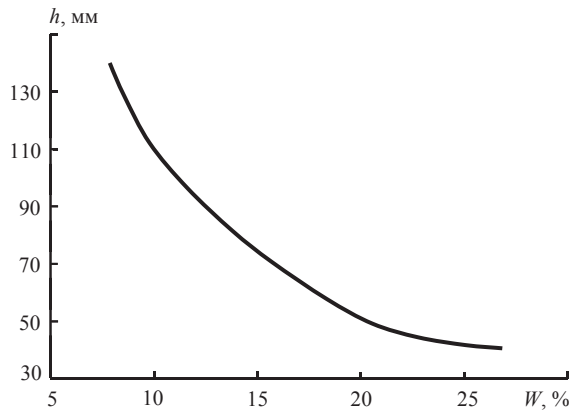


Рис. 2. Зависимость высоты свода естественного равновесия от влажности массива

Fig. 2. The dependence of the height of the set of natural equilibrium from the humidity of the array of internal friction

Граничными условиями существования свода естественного равновесия для данного материала является влажность $W = 6-7$ %, при которой появляются признаки образования свода, и влажность $W = 28$ %, соответствующая полному водонасыщению материала, при котором силы внутреннего трения настолько малы, что не в состоянии обеспечить устойчивость массива.

Параллельно с описанным экспериментом проводилась серия испытаний закладочного материала на стандартном трибометре с целью определения начального сопротивления сдвигу материала в зависимости от его влажности, а также определения коэффициентов и углов внутреннего трения.

Испытываемый материал засыпался в желоб, этим же материалом заполнялась и подвижная коробка, установленная в желобе. Поверхность материала выравнивалась и увлажнялась до определенной величины, после чего материал, находящийся в подвижной коробке, нагружался набором прижимных пластин. Затем на чашку трибометра производилась постепенная укладка гирь, продолжавшаяся до тех пор, пока коробка не начнет двигаться. Собственные сопротивления конструкции компенсировались заранее подобренными разновесами. Нагружение чашки производилось с интервалом 10 г.

Нормальные напряжения вычислялись по формуле [12]

$$\sigma = [(G_1 + G_2)/S] + \gamma h,$$

где G_1 – вес коробки, кг; G_2 – вес прижимных пластин, кг; S – площадь сечения коробки, см²; h – высота слоя закладочного материала в коробке, см; γ – плотность материала, кг/см³.

Начальные сопротивления сдвигу вычислялись по формуле

$$\tau = G_3(1 - Z\sqrt{2})/S,$$

где G_3 – вес гирь на чашке (за вычетом веса гирь, компенсирующего собственное сопротивление конструкции), кг; Z – коэффициент сопротивления движению поверхностей (в расчетах принимался равным нулю, так как величина сопротивления движению была на порядок ниже интервала нагружения чашки).

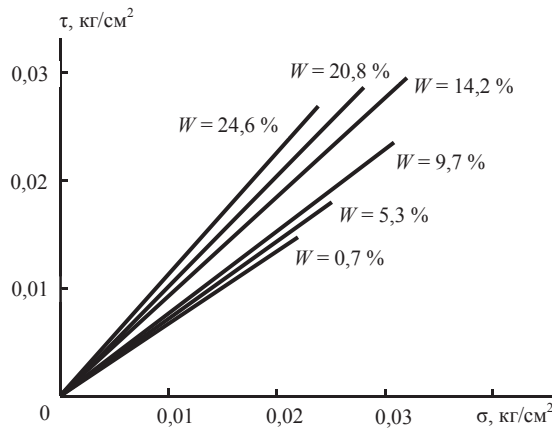


Рис. 3. Диаграмма нормальных и касательных напряжений для определения угла и коэффициента внутреннего трения

Fig. 3. Diagram of normal and tangential stresses to determine the angle and coefficient of internal friction

По окончании каждого опыта брались пробы материала из плоскости, по которой происходил процесс сдвига. Каждый опыт проводился с тремя различными величинами веса прижимных пластин. По полученным значениям σ и τ строились диаграммы нормальных и касательных напряжений для определения углов и коэффициентов внутреннего трения при различных значениях влажности (рис. 3).

Величины углов и коэффициентов внутреннего трения рассчитаны по данным этой диаграммы, а изменение их величины в зависимости от влажности массива изображено на рис. 4.

Некоторое понижение плотности закладочного материала в начальном периоде увлажнения объясняется тем, что в этом промежутке идет образование молекулярных водяных пленок вокруг частиц материала, которые препятствуют непосредственному контакту частиц друг с другом, в результате чего пористость материала увеличивается, способствуя уменьшению его плотности.

Сходство графиков, изображенных на рис. 2 и 4, говорит о зависимости высоты свода естественного равновесия от коэффициента внутреннего трения материала, который, таким образом, может служить одним из главных показателей при оценке устойчивости массива.

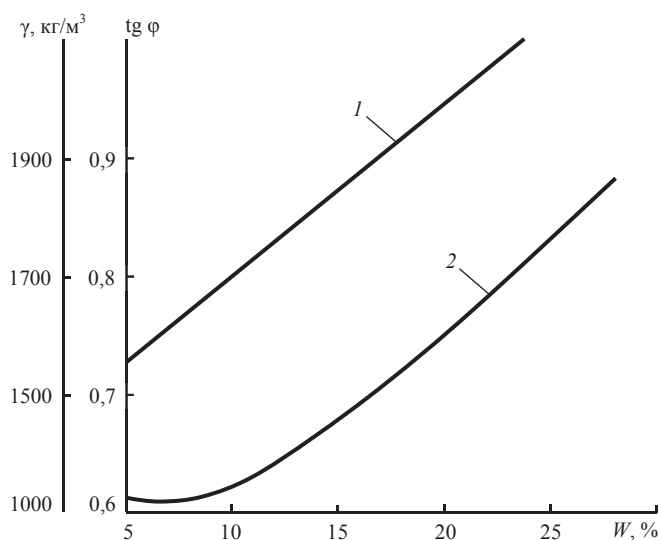


Рис. 4. Зависимости коэффициента внутреннего трения – 1 и плотности закладочного материала – 2 от его влажности
Fig. 4. Graph of the coefficient of internal friction – 1 and density of the filling material – 2 on its moisture

Конечной целью эксперимента является определение возможных нагрузок на гибкое перекрытие, поддерживающее отделяющуюся часть закладочного массива. В опыте эта часть массива представляет собой криволинейную призму, ограниченную сверху сводом естественного равновесия, снизу – дном, с боков – стенками модели. Таким образом, для определения массы отделяющейся криволинейной призмы при известных размерах модели необходимо знать высоту свода и плотность материала. Высота свода замерялась в ходе эксперимента, а характер изменения плотности определен на основе измерения плотности взятых проб. Кривая зависимости плотности материала от его влажности изображена на рис. 4.

При определении массы отделяющейся от массива части закладочного материала, представленной в виде призмы, площадь ее поперечного сечения считалась как площадь параболического сегмента с постоянным основанием, равным ширине модели.

Высота сегмента равнялась высоте свода естественного равновесия, замеренного в эксперименте. Результаты расчетов представлены далее.

Определение массы отделившейся от массива части закладочного материала
Determination of the weight of the part of the backfill material separated from the array

Высота свода, см	14,2	10,2	6,0	4,8	4,0
Объем призмы, см ³	32 660	23 460	13 800	11 040	9200
Плотность материала, кг/м ³	1330	1430	1580	1660	1820
Масса призмы, кг.....	43,44	33,55	21,80	18,33	16,74

Результаты испытаний закладочного материала на трибометре приведены в таблице, а результаты эксперимента по определению нагрузки на гибкое перекрытие (геометрический масштаб модели 1 : 10, а весовой масштаб 1 : 10³), переведенные в натурные и выраженные, как нагрузка P на погонный метр слоя при ширине выработки 3 м и различной влажности массива, представлены далее.

Результаты лабораторного эксперимента, переведенные в натурные значения
The results of the laboratory experiment, converted to field values

W , %	7,8	12,9	16,1	22,2	26,0
P , т	7,12	3,28	0,90	0,53	0,39

Из приведенных данных следует, что максимальные нагрузки, испытываемые гибким перекрытием, достигают величины, которую вполне могут выдержать стальные канаты диаметром 11–12 мм с трехкратным запасом прочности.

Результаты испытаний закладочного материала на трибометре
The test results of the filling material on the tribometer

Показатель	$W = 0,7\%$			$W = 5,3\%$			$W = 9,7\%$		
	Вес пригрузки, кг			Вес пригрузки, кг			Вес пригрузки, кг		
	6	8	10	6	8	10	6	8	10
τ , кг/см ²	0,0111	0,0141	0,0180	0,0118	0,0150	0,0187	0,0120	0,0160	0,0196
σ , кг/см ²	0,0160	0,0210	0,0260	0,0160	0,0210	0,0260	0,0160	0,0210	0,0260
φ , град	34,6	33,8	34,6	36,5	35,7	35,7	36,8	37,2	36,8
$\text{tg}\varphi$	0,69	0,67	0,69	0,74	0,72	0,72	0,75	0,76	0,75
Показатель	$W = 14,2\%$			$W = 20,8\%$			$W = 24,6\%$		
	Вес пригрузки, кг			Вес пригрузки, кг			Вес пригрузки, кг		
	6	8	10	6	8	10	6	8	10
τ , кг/см ²	0,0146	0,0192	0,0230	0,0166	0,0212	0,0264	0,0170	0,0228	0,0280
σ , кг/см ²	0,0160	0,0210	0,260	0,0160	0,0210	0,0260	0,0160	0,0210	0,0260
φ , град	42,3	42,3	41,7	45,5	45,3	45,3	46,6	47,2	47,2
$\text{tg}\varphi$	0,91	0,91	0,89	1,02	1,01	1,01	1,06	1,08	1,08

Выводы. Доказана осуществимость предлагаемой технологии на практике, так как величина нагрузки на систему подвески гибкого перекрытия не является препятствием для ее конструирования. При этом необходимо отметить, что эксперимент проведен при наихудших условиях, когда угол падения залежи принимался равным 90°. В случае наклонного падения нагрузки будут еще меньше.

Необходимым условием эффективного применения предлагаемого способа разработки является наличие надежного способа быстрого насыщения и дренажа закладочного массива, связано это с тем, что скорости протекания процессов в естественных условиях чрезвычайно малы. Также необходим надежный контроль влажности массива.

Внедрение предложенной технологии отработки крутопадающих рудных тел малой мощности в удароопасных условиях позволит повысить безопасность очистных работ и отказаться от использования дорогостоящего и остродефицитного материала – цемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Шуклин А. С. Высокоэффективная геотехнология комплексного освоения пологих и наклонных жильных месторождений // Горный журнал. 2018. № 2. С. 73–74.
2. Хайрутдинов М. М., Шаймарданов И. К. Подземная геотехнология с закладкой выработанного пространства: недостатки, возможности, совершенствование // ГИАБ. 2009. № 1. С. 240–250.
3. Коновалов А. П., Аршавский В. В., Хуцишвили В. И., Сорокина Л. Н., Анфиногенов С. В. Закладочные работы на подземных рудниках и перспективы их совершенствования // Горный журнал. 2001. № 7. С. 3–7.
4. Хомяков В. И. Зарубежный опыт закладки на рудниках. М.: Недра, 1984. 224 с.
5. Аксенов А. А., Гобов Н. В., Котляров В. В. Исследование геомеханического состояния гигроскопического массива при системах разработки с закладкой и с обрушением // Известия вузов. Горный журнал. 2010. № 2. С. 4–9.
6. Гобов Н. В., Котляров В. В., Осинцев В. А., Славиковский О. В. Изыскание рациональной технологии добычи гигроскопичных руд на Рубцовском полиметаллическом месторождении // Известия вузов. Горный журнал. 2009. № 3. С. 7–15.
7. Попов А. С., Шадрин М. А., Игнатьев А. П., Романовский П. А. Разработка бокситовых залежей глубоких горизонтов шахт СУБРА – пример инженерного искусства // Известия вузов. Горный журнал. 2004. № 2. С. 10–22.
8. Опыт отработки крутопадающего жильного месторождения: обзорная информация / В. Х. Беркович [и др.]. М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1991. 49 с.
9. Thomas E. Gemented fill practice and research at Mount Isf. // Pros. Aust. Inst. Min. Met. 1971. No. 12. P. 33–51.
10. Слепцов М. Н., Азизов Р. Ш., Мосивец В. Н. Подземная разработка месторождений цветных и редких металлов. М.: Недра, 1986. 206 с.
11. Rasmusson D. G., Rugh G. M. Ramp= in= stop. An innovative approach to boosting productivity of mechanized cut-and-fill stoping // Engineering and Mining Journal. 1979. No. 8. P. 79–84.
12. Осинцев В. А., Беркович В. Х. Технология добычи полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства. Екатеринбург: УГГУ, 2010. 131 с.
13. Барон Л. И., Логуцов Б. М., Позин Е. З. Определение свойств горных пород. М.: Госгортехиздат, 1962. 330 с.
14. Зенков Р. Л. Механика насыпных грунтов. М.: Машиностроение, 1964. 250 с.

Поступила в редакцию 8 апреля 2019 года

Сведения об авторах:

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

Беркович Вячеслав Хаимович – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела Уральского государственного горного университета. E-mail: vyacheslav.berkovich@m.ursmu.ru

Пропп Владимир Давыдович – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела Уральского государственного горного университета. E-mail: vladimir.propp@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-5-13

Substantiating the parameters of open pit mine-technical system for Olympiadinsky goldfield exploitation

Niaz G. Valiev¹, Viacheslav Kh. Berkovich¹, Vladimir D. Propp¹

¹Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Formulation of the problem. A new variant of horizontal slicing system with hydraulic filling and descending extraction of ore under flexible overlap.

Research aims to investigate the possibility to mine steeply pitching ore bodies of low thickness with a horizontal slicing system with hydraulic filling and descending extraction of ore under flexible overlap.

Methodology. Laboratory and analytical researches have been carried out on the influence of the moisture content of backfill material on its stability, density, internal friction coefficient, and, finally, the size of load from the part of the backfill array on the flexible overlap.

Results. It has been stated that the developed method of slicing under the flexible overlap is structurally simple and usable at steeply pitching ore bodies of low thickness mining in rockbump hazardous conditions.

Summary. The proposed technology can be used to mine steeply pitching ore bodies of low thickness in rockbump hazardous conditions. The use of the technology will make it possible to increase the safety of stoping and stop using expensive and scarce material – cement.

Key words: horizontal slices; descending extraction; flexible overlap; hydraulic filling; physical modeling; curvilinear prism; moisture content of a massif.

REFERENCES

1. Trubetskoi K. N., Galchenko Iu. P., Shuklin A. S. Highly effective geotechnology of integrated development of lightly pitching and steeply pitching lode deposits. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2018; 2: 73–74. (In Russ.)
2. Khairutdinov M. M., Shaimiardanov I. K. Underground geotechnology with stowage to mined-out areas: disadvantages and improvement feasibilities. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2009; 1: 240–250. (In Russ.)
3. Konovalov A. P., Arshavskii V. V., Khutsishvili V. I., Sorokina L. N., Anfinogenov S. V. Stowing operations at underground mines and prospects for improvement. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2001; 7: 3–7. (In Russ.)
4. Khomiakov V. I. *Foreign experience of stowing at mines*. Moscow: Nedra Publishing; 1984. (In Russ.)
5. Aksenov A. A., Gobov N. V., Kotliarov V. V. Research into geomechanic state of hygroscopic massif at systems of working with a backfilling and with a break. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2010; 2: 4–9. (In Russ.)
6. Gobov N. V., Kotliarov V. V., Osintsev V. A., Slavikovskii O. V. Search for the effective method of hygroscopic ore recovery process on Rubtsovsk complex deposit. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2009; 3: 7–15. (In Russ.)
7. Popov A. S., Shadrin M. A., Ignatiev A. P., Romanovskii P. A. The development of bauxite deposits in deep horizons of shafts of the North Urals Bauxite Mine – the example of engineering. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2004; 2: 10–22. (In Russ.)
8. Berkovich V. Kh., et al. *The experience of mining steeply pitching lode deposit: overview*. Moscow: TsNIITsvetmet ekonomiki i informatsii Publishing; 1991. (In Russ.)
9. Thomas E. Gemented fill practice and research at Mount Isf. *Pros. Aust. Inst. Min. Met*. 1971; 12: 33–51.
10. Sleptsov M. N., Azizov R. Sh., Mosivets V. N. *Underground development of non-ferrous and rare metal deposits*. Moscow: Nedra Publishing; 1986. (In Russ.)
11. Rasmusson D. G., Rugh G. M. Ramp-in-stop. An innovative approach to boosting productivity of mechanized cut-and-fill stoping. *Engineering and Mining Journal*. 1979; 8: 79–84.
12. Osintsev V. A., Berkovich V. Kh. *Technology of mineral production with goaf stowing*. Ekaterinburg: UrSMU Publishing; 2010. (In Russ.)
13. Baron L. I., Logutsov B. M., Pozin E. Z. *Rock properties determination*. Moscow: Gosgortekhnizdat Publishing; 1962. (In Russ.)
14. Zenkov R. L. *Mechanics of fill-up soils*. Moscow: Mashinostroenie Publishing; 1964. (In Russ.)

Received 8 April 2019

Information about authors:

Niiiaz G. Valiev – DSc (Engineering), Professor, Head of Mining Department, Ural State Mining University. E-mail: science@ursmu.ru

Vyacheslav Kh. Berkovich – PhD (Engineering), associate professor of Mining Department, Ural State Mining University. E-mail: vyacheslav.berkovich@m.ursmu.ru

Vladimir D. Propp – PhD (Engineering), associate professor of Mining Department, Ural State Mining University. E-mail: vladimir.propp@mail.ru

Для цитирования: Валиев Н. Г., Беркович В. Х., Пропп В. Д. Исследование системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой и выемкой руды в нисходящем порядке под гибким перекрытием // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 5. С. 5–13. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-5-13
For citation: Valiev N. G., Berkovich V. Kh., Propp V. D. Substantiating the parameters of open pit mine-technical system for Olympiadinsky goldfield exploitation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 5: 5–13 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-5-5-13