

Оценка влияния параметров внутреннего отвалообразования на геомеханическое состояние подземной отработки месторождения «Восток-2»

Потапчук М. И.^{1*}, Рассказов И. Ю.¹, Корнеева С. И.¹, Ломов М. А.¹

¹ Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

*e-mail: potapchuk-igd@mail.ru

Реферат

Введение. Внутреннее отвалообразование становится все более актуальным и применяется на месторождениях, ведущих отработку как открытым, так и комбинированным способом. В связи с этим комплексные исследования, направленные на оценку изменения геомеханического состояния окружающего массива месторождения «Восток-2» при условии размещения пустых пород в карьерной выемке, являются наиболее актуальными.

Цель работы. Геомеханическая оценка влияния внутреннего отвалообразования на состояние горного массива месторождения вольфрамсодержащих руд «Восток-2», ведущего отработку рудных запасов комбинированным способом.

Методология. Исследования включали лабораторное изучение физико-механических свойств горных пород, расчет устойчивости с применением современных программных средств, численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов.

Результаты. Комплексная оценка влияния внутреннего отвалообразования на геомеханическое состояние окружающего массива позволила установить, что размещение пустых пород в центральной части карьера не окажет значительного влияния на геодинамическую обстановку глубоких горизонтов. При этом в процессе формирования отвал сохранит устойчивость с достаточным запасом.

Выводы. Результаты выполненных комплексных исследований на месторождении «Восток-2» могут быть использованы на других объектах, ведущих отработку в схожих горно-геологических условиях.

Ключевые слова: месторождение; внутреннее отвалообразование; физико-механические свойства; горный массив; сдвижение; карьерная выемка; устойчивость.

Введение. Схема размещения вскрышных пород в карьерной выемке обосновывается рядом преимуществ, среди которых сокращение расстояния транспортировки и экономия площадей для размещения отвалов, и используется на многих предприятиях, ведущих отработку месторождений как открытым, так и комбинированным способом [1–5]. Так, на месторождении вольфрамсодержащих руд «Восток-2», отработку которого ведет ОАО «Приморский ГОК», в результате возможной переработки внешних отвалов возникла необходимость формирования в карьерной выемке отвала пустых пород. Таким образом был поставлен вопрос об установлении степени устойчивости внутреннего отвала в процессе его формирования, а также оценке влияния его размещения на геодинамическую обстановку глубоких горизонтов при дальнейшей отработке залежи.

Краткая геологическая и горнотехническая характеристика обрабатываемого месторождения. Месторождение «Восток-2» относится к скарново-гидротермальному типу. Основная вольфрамовая минерализация месторождения сосредоточена в главной рудной залежи (ГРЗ) и сопутствующем рудном теле (СРТ) № 1. ГРЗ представляет собой пластообразную залежь северо-восточного

простирая, падающую под углом 70° – 80° на юго-западном фланге, под углом 90° на северо-запад. Мощность рудного тела изменяется от 1,3 до 27 м. СРТ отмечено только на юго-западном фланге месторождения, расположено висячем боку от ГРЗ и по своим морфоструктурным особенностям и вещественному составу аналогично ГРЗ. Простираение рудных тел субпараллельное, падение на северо-запад под углом 80° – 90° . Мощность рудных тел от 6 до 32 м, в среднем – 13 м. На глубину рудные тела прослеживаются до гор. +60 м.

Месторождение расположено в местности с крупносопочным рельефом со значительным колебанием абсолютных высотных отметок дневной поверхности. Выходы рудной залежи на поверхность располагались в районе отметок +870 м от уровня моря, отметки долины между соседними сопками (русла ключей Амональный и Восток-2) колеблются в пределах +640...+540 м. Сложностью рельефа обусловлена комбинированная схема вскрытия месторождения с помощью штолен и вертикальных стволов. Оруденение прослеживается на глубину более 800 м (до гор. +60 м) [6–8].

Таблица 1. Физико-механические свойства пород и руд месторождения «Восток-2» (по данным институтов ВНИМИ и Унипромедь)

Table 1. Physical and mechanical properties of rock and ore at Vostok-2 deposit (according to the data from VNIMI and Uniprommed)

Породы	Плотность, кг/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа, 10 ⁴	Коэффициент Пуассона
Известняки	2640	73,0	1,8	5,8	0,36
Гранит-порфиры	2610	151,0	10,0	7,21	0,24
Гранодиориты	2700	142,0	9,2	6,0	0,22
Песчаники ороговикованные	2730	180,0	10,8	7,0	0,24
Ороговикованные алевролиты	2630	76,0	7,0	7,2	0,27
Руда шеелит-сульфидная	3330	170,0	6,8	9,0	0,18

Верхняя часть месторождения отработана открытым способом (отметка дна карьера около +720 м), ниже дна карьера рудное тело вскрыто штольнями «Вспомогательная» (гор. +720 м) и «Капитальная» (гор. +560 м). Вертикальные стволы «Главный» и «Вспомогательный» пройдены до глубины разведанного промышленного оруденения с проходкой части выработок околоствольного двора.

В настоящее время месторождение «Восток-2» отработывается в этаже +360...+260 м с применением системы разработки подэтажными штреками со скважинной отбойкой и торцевым выпуском руды без поддержания выработанного пространства. Высота подэтажа составляет 14–16 м. Количество рабочих подэтажей в блоке определяется в основном высотой рабочего горизонта и составляет 3–4 подэтажа при высоте блока по падению 60 м. Отработка рудных тел осуществляется в нисходящем порядке без оставления межблоковых и потолочных целиков. Размеры очистных блоков по простираению: длина до 60 м, ширина от 3 до 30 м (в среднем 6–10 м) [2].

Вскрышные породы, формируемые при открытой разработке месторождения, которая началась в 1969 г., а также в результате дальнейшей отработки подземным способом были складированы вдоль южной границы существующего карьера в отвалы общим объемом 5 млн м³. При разборке отвалов в случае возможной переработки части отвалов был рассмотрен вариант размещения пустых пород в выработанном пространстве карьера. Остальная часть будет использована для отсыпки

берм низовой плотины и ограждающей дамбы хвостохранилища с целью повышения их устойчивости при осуществлении проекта «Наращивание ограждающих дамб секции хвостов хвостохранилища обогатительной фабрики до отм. 534 м».

Комплексная оценка влияния формирования внутреннего отвала на геомеханическое состояние окружающего массива была выполнена в следующем порядке: детальное изучение прочностных свойств пород приоткосного массива, расчет устойчивости поэтапного формирования внутреннего отвала, оценка безопасности размещения техники при ведении отвальных работ в прогнозируемых зонах сдвижения от подземной отработки и изменение геомеханического состояния в процессе дальнейшей отработки глубоких горизонтов месторождения.

Уточнение физико-механических свойств горных пород. Проведенными ранее исследованиями (*Заключение о склонности двух участков месторождения «Восток-2» к проявлению горных ударов в местах заложения шахт: отчет о НИР, рук. Бич Я. А., Минин Ю. Я. Л.: ВНИМИ. 1983; Оценить напряженное состояние и удароопасность массива горных пород месторождения «Восток-2»: отчет о НИР, рук. Дорошенко В. И., Вотинцев В. А. Екатеринбург: Унипромедь, 1985.*) установлено, что в литологическом разрезе месторождения преобладают высоко-модульные породы с достаточно высокими прочностными характеристиками – до 180 МПа (табл. 1).

Для оценки степени устойчивости размещаемого внутреннего отвала дополнительно было выполнено детальное изучение прочностных свойств горных пород приоткосного массива. Для этого специалистами ИГД ДВО РАН были отобраны образцы (рис. 1) и выполнен комплекс лабораторных исследований с применением испытательной машины ToniNORM, позволяющей определить прочностные характеристики горных пород путем нагружения образцов правильной формы плоскими плитами (ГОСТ 21153.0-75, ГОСТ 21153.2-84) (*Техническая документация по оценке влияния параметров внутреннего отвалообразования на геомеханическое состояние окружающего массива горных пород месторождения «Восток-2». Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2014. 44 с.*). Результаты определения прочностных свойств горных пород в лабораториях ИГД ДВО РАН приведены в табл. 2 и 3.

Результаты лабораторных исследований позволили сделать вывод, что прочностные свойства вмещающих пород приоткосного массива, которые представлены преимущественно гранодиоритами и ороговикованными алевролитами имеют достаточно высокие значения, предел прочности на сжатие – от 118,5 до 195,3 МПа, на растяжение 9,5–12,0 МПа соответственно.

Расчет устойчивости при поэтапном формировании внутреннего отвала. В случае размещения внутреннего отвала (отм. +715...+820 м) на месторождении «Восток-2» предполагается формировать его в несколько этапов при последовательном складировании вскрышных пород в выработанное пространство центральной части карьера. На начальном этапе отвал будет формироваться путем заполнения карьерной выемки с отм. +715 м до +740 м пустыми породами с помощью консольного отвалообразователя. Следующим этапом будет постепенное заполнение берм безопасности и формирование разгрузочной площадки на отм. +820 м (рис. 2).

На конечном этапе формирования параметры внутреннего отвала будут следующие: максимальная высота – 80 м, длина по верху – 60 м, по низу – 350 м; ширина по верху – 100 м, по низу – 160 м. В районе сечения I–I отвал будет формироваться под углом 48° , в районе сечения II–II под углом 51° (рис. 1 и 2).

Основанием для отвала служат борт и дно карьерной выемки, сложенное скальным массивом, преимущественно гранодиоритами и песчаниками. Свой-

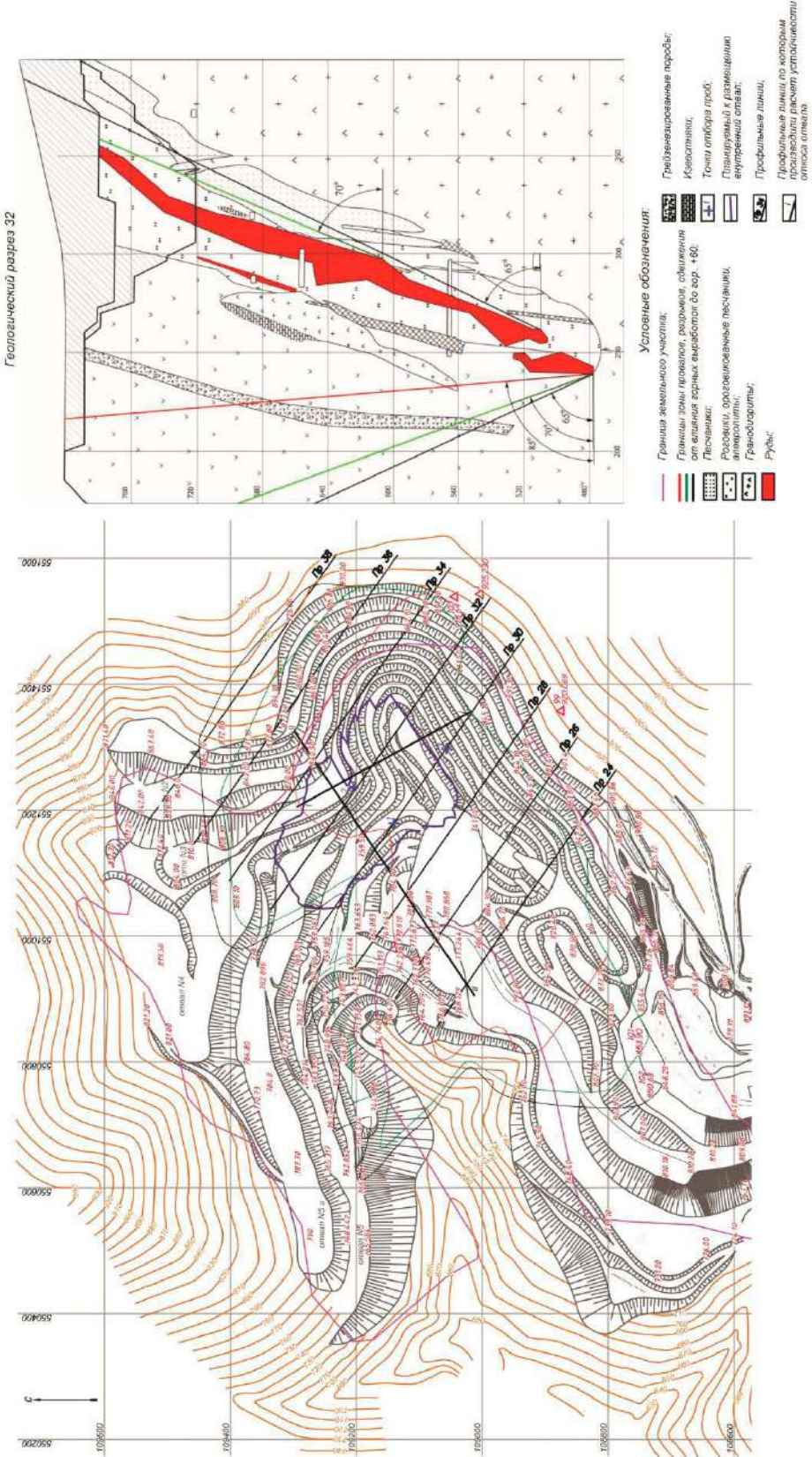


Рис. 1. План и разрез по профильной линии 32 месторождения вольфрамсодержащих руд «Восток-2»
 Fig. 1. Plan and section of profile of Vostok-2 tungsten ore deposit

ства вмещающих пород, необходимые для расчета устойчивости откоса отвала, были приняты исходя из результатов ранее проведенных исследований (табл. 1) и дополнительных лабораторных испытаний (табл. 2).

При расчете устойчивости применяются как общепризнанные методики, так и численные методы с применением современных программных средств (*Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб: ВНИМИ, 1998. 207 с.; Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Одобрено и рекомендовано к применению Госстроем СССР. Л: ВНИМИ, 1972. 164 с.*), [9].

Таблица 2. Результаты определения прочностных характеристик горных пород прибортового массива месторождения «Восток-2»
Table 2. Results of rock strength characteristics determination at the marginal mass of Vostok-2 deposit

Идентификатор образца	Предел прочности на сжатие, МПа	Средний предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Средний предел прочности на растяжение, МПа
<i>Темно-серый алевролит ороговикованный</i>				
T1-1(1)	214,4	195,3	9,7	12,0
T1-1(2)	176,2		13,9	
T1-1(3)			10,9	
T1-5			13,6	
<i>Крупнозернистый кварц-полевошпатовый песчаник</i>				
T1-3	34,8	34,8	3,4	3,4
<i>Сульфидная руда по дробленным к/з гранодиоритам</i>				
T2-3	102,5	102,5	2,8	2,8
<i>Гранодиорит с вкрапленностью сульфидов</i>				
T3-1(1)	143,9	118,5	9,9	9,5
T3-1(2)	86,6			
T3-2(1)	76,0		8,7	
T3-2(2)	167,3		9,8	
<i>Кварциты скарнированные</i>				
T1-4	–	–	4,2	4,3
T2-1	–		3,5	
T2-2	–		5,2	

Расчет устойчивости борта отвала по мере заполнения берм и бортов уступов породами вскрыши необходимо вести по средневзвешенным значениям характеристик объемного веса γ , сцепления C и угла внутреннего трения ϕ всей толщи пород, слагающих борт, определяемых согласно требованиям п. 2.8 (*Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб: ВНИМИ, 1998. 207 с.*).

Нормативная величина коэффициента запаса устойчивости откоса отвала была установлена в соответствии с Методическими указаниями (*Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Одобрено и рекомендовано к применению Госстроем СССР. Л: ВНИМИ, 1972. 164 с.*) и равна 1,2. Однако Методические указания разрабатывались для районов с сейсмичностью не более 6 баллов. Согласно *СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах* сейсмическая интенсивность района месторождения определена в 7 баллов для карт ОСР-97-А и ОСР-97-В и в 8 баллов для карты ОСР-97-С. В результате расчета сейсмической

нагрузки в соответствии с *СП 14.13330.2011* установлено, что необходимо увеличение коэффициента запаса на 0,03. Таким образом, нормативный коэффициент запаса устойчивости отвала составит 1,23. Далее выполнялся расчет устойчивости откоса внутреннего отвала по мере его формирования в выработанном пространстве карьерной выемки (табл. 3).

Таблица 3. Расчет степени устойчивости формирования внутреннего отвала на различных этапах его формирования

Table 3. Calculation of the stability level of internal dump development at various stage of its development

Последовательность отработки	Исходные данные			Средневзвешенные величины			Величины для расчета устойчивости			Угол откоса, град	Коэффициент запаса устойчивости
	H, м	C _м , МПа	C _{отв} , МПа	C _о , МПа	φ _о , град	γ _о , т/м ³	C, МПа	φ, град	γ, т/м ³		
<i>Сечение I-I¹</i>											
1 этап ²	105	43,6	–	43,6	39,6	2,73	35,4	34,0	2,73	64	Нет ни одной опасной поверхности скольжения
2 этап	80	50,2	0,02	37,7	39,0	2,52	30,7	33,4	2,52	63	
3 этап	105	50,2	0,02	0,02	37,0	1,95	0,016	35,0	1,95	49	
<i>Сечение II-II</i>											
3 этап	45	50,2	0,02	0,02	37,0	1,95	0,016	35,0	1,95	51	1,54

¹ Сечения I-I и II-II (рис. 1); ² 1-й этап – до начала отсыпки внутреннего отвала, 2-й этап – заполнение карьерной выемки до отм. +740 м и частично брем безопасности (рис. 2, а), 3-й этап – после полного формирования отвала (рис. 2, б).

Результаты расчета коэффициента запаса устойчивости показали, что по самому опасному сечению II-II коэффициент запаса устойчивости составляет 1,54, что значительно превышает нормативный и указывает на то, что запроектированные параметры отвала являются устойчивыми. Однако работы техники должны производиться в соответствии с *Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»*, а также должны выполняться регулярные наблюдения за устойчивостью откосов отвала [10].

Расчет границ зон сдвижения подземных разработок на земной поверхности. Для обеспечения безопасности отсыпки отвала на всех этапах формирования были определены и отстроены параметры сдвижения и деформации горных пород и земной поверхности месторождения «Восток-2» (углы сдвижения, разрывов и обрушения) на основании *Временных правил охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород*. Л.: ВНИМИ, 1986. 76 с. (табл. 4, рис. 1).

На рис. 1 видно, что частично внутренний отвал и площадка на гор. +820 м, с которой предполагается его отсыпать, попадает в зону провалов, но учитывая тот факт, что граница отстроена от балансовых запасов после полной их отработки (до отм. +60 м), а существующее положение горных работ находится на гор. +340 м, безопасность его отсыпки обеспечена.

Геомеханическая оценка влияния размещения внутреннего отвала на геодинамическую обстановку глубоких горизонтов. Для оценки возможного влияния размещения в выработанном пространстве пустых пород на геомеханическое состояние окружающего массива горных пород месторождения «Восток-2», в том числе и на глубоких горизонтах, было выполнено численное моде-

лирование напряженно-деформированного состояния массива до и после формирования внутреннего отвала методом конечных элементов (МКЭ) в объемной постановке задачи [2, 11, 12].

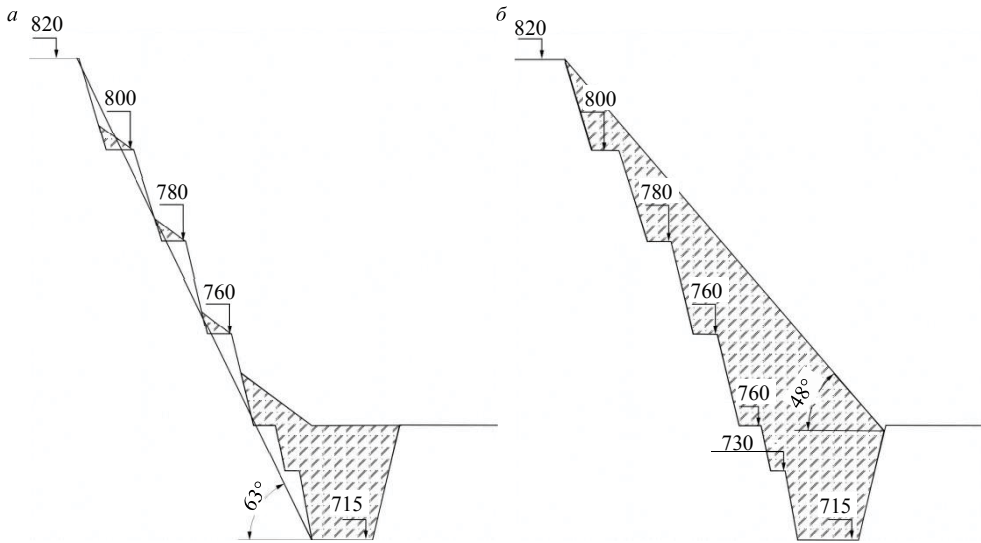


Рис. 2. Конфигурация борта карьера после заполнения берм безопасности – а и на заключительном этапе формирования отвала по сечению I–I – б

Fig. 2. Pit edge configuration after safety berms backfilling – а and at the final stage of dump development by section I–I – б

Анализ результатов моделирования показал, что последовательное заполнение выработанного пространства центральной части карьера пустыми породами приводит к перераспределению напряжений на отдельных участках массива горных пород. Максимальное снижение напряжений более чем в 2 раза наблюдается в бортах карьера, заполненного пустыми породами. В районе безрудного участка

Таблица 4. Расчетные углы сдвижения при полной подработке земной поверхности на месторождении «Восток-2» при его полной отработке до гор. +60 м

Table 4. Computational angles of displacement at complete underworking of the earth's surface at Vostok-2 deposit at its full development to hor. +60 m

Тип месторождения	Коэффициент крепости пород	Углы падения рудных тел, град	Углы сдвижения, град			Углы разрывов, град			Углы обрушения, град		
			δ	β	β_1	δ''	β''	β_1''	δ'''	β'''	β_1'''
Тип II грубослоистое и неслоистое строение пород	8 и более	30–90	70	65	65	75	70	70	85	85	85

в отм. +630...+680 м, где на начальных стадиях была область повышенных напряжений (среднего давления и интенсивности касательных напряжений 15 МПа и 17 МПа) также происходит снижение напряжений, но незначительное. Незначительный рост напряжений (в 1,2–1,3 раза) происходит преимущественно на участке между рудными телами в отм. +720...+750 м ниже дна карьера. В результате можно сделать вывод, что зона влияния размещаемого внутреннего отвала на напряженно-деформированное состояние окружающего массива составит не более 80 м на глубину от дна карьера и не окажет влияния на геодинамическую обстановку глубоких горизонтов.

Выводы. Выполненная в работе комплексная оценка влияния формирования внутреннего отвала на геомеханическое состояние окружающего массива и глу-

боких горизонтов месторождения «Восток-2» позволила сделать вывод о том, что размещение пустых пород в центральной части карьера не окажет значительного влияния на геодинамическую обстановку глубоких горизонтов. При этом в процессе формирования отвал сохранит устойчивость с достаточным запасом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саканцев Г. Г. Ресурсосберегающие технологии при разработке рудных месторождений с использованием выработанного пространства // ГИАБ. 2015. № 2. С. 29–37.
2. Rasskazov I. Yu., Kursakin G. A., Potapchuk M. I., Freidin A. M. Selection of deep level geotechnology in terms of the "Vostok-2" orebody // Journal of Mining Science. 2012. Vol. 48. No. 1. P. 114–122.
3. Рассказов И. Ю., Потапчук М. И., Соболев А. А., Сайфулин В. В., Курсакин Г. А. Совершенствование технологии отвалообразования на Хаканджинском золоторудном месторождении // Вестник ТОГУ. 2016. № 2 (41). С. 99–106.
4. Габитов Р. М., Гавришев С. Е., Бондарева А. Р., Кузнецова Т. С., Литвинов А. М. Влияние горнотехнических условий разработки крутопадающих месторождений на формирование внутренних отвалов при доработке и реконструкции карьеров // Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2009. № 1 (25). С. 5–9.
5. Мартыненко В. П. Обоснование рациональных параметров горных работ глубоких карьеров при внутреннем отвалообразовании // ГИАБ. 1998. № 3. С. 146–150.
6. Гвоздев В. И. Месторождения Восток-2 и Лермонтовское // Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых. М.: ОНЗ РАН, 2006. Т. 3. Кн. 2. С. 627–662.
7. Рассказов И. Ю. Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона. М.: Горная книга, 2008. 329 с.
8. Соловьев С. Г., Кривошеков Н. Н. Скарновое золото-полиметалльно-вольфрамовое месторождение Восток-2 (Центральный Сихотэ-Алинь, Россия) // Геология рудных месторождений. М.: Наука, 2011. № 6. С. 543–568.
9. Eberhardt E. Rock slope stability analysis – utilization of advanced numerical techniques. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2003. 41 p.
10. Григорьев А. А., Лушпей В. П., Костылев Ю. В. Результаты наблюдений за устойчивостью откосов бортов угольных разрезов в сложных горно-геологических условиях // Сборник трудов конференции «Международная научная конференция «Современные технологии и развитие политехнического образования», Владивосток, 14–18 сентября 2015 г. С. 183–185.
11. Dhananjai V. A. Finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field // Mining Journal. 2014. No. 5. P. 11–16.
12. Rasskazov I. Yu., Kursakin G. A., Potapchuk M. I., Miroshnikov V. I., Freidin A. M., Osadchy S. P. Geomechanical assessment of deep-level mining conditions in the "Yuzhnoe" complex ore deposit // Journal of Mining Science. 2012. Vol. 48. No. 5. P. 874–881.

Поступила в редакцию 25 июня 2019 года

Сведения об авторах:

Потапчук Марина Игоревна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН. E-mail: potapchuk-igd@mail.ru

Рассказов Игорь Юрьевич – доктор технических наук, врио директора Института горного дела ДВО РАН. E-mail: rasskazov@igd.khv.ru

Корнеева Светлана Ивановна – кандидат технических наук, ученый секретарь Института горного дела ДВО РАН. E-mail: s_korneeva@mail.ru

Ломов Михаил Андреевич – младший научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН. E-mail: 9241515400@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-77-85

Evaluation of internal dumping impact on the geomechanical state of Vostok-2 deposit underground mining

Marina I. Potapchuk¹, Igor Iu. Rasskazov¹, Svetlana I. Korneeva¹, Mikhail A. Lomov¹

¹ Institute of Mining FEB RAS, Khabarovsk, Russia.

Abstract

Introduction. Internal dumping is becoming more relevant, it is used at both opencast deposits and combined deposits. Therefore, an integrated study aimed at estimating the geomechanical state of the surrounding mass of Vostok-2 deposit is becoming more relevant in case waste rock is in the borrow cut.

Research aim. Geomechanical estimation of internal dumping impact on the state of rock mass at Vostok-2 tungsten ore deposit, which mines ore by the combined method.

Methodology. The research included laboratory study of physical and mechanical properties of rock, stability calculation with the use of modern software, numerical modeling of the stress-strained state of rock mass with the finite element method.

Results. Full assessment of the impact of internal dumping on the geomechanical state of the surrounding mass has made it possible to state that waste rock disposal in the central part of an open pit will not significantly influence the geodynamic condition of deep horizons. At that, in the course of development, the dump will keep ample stability.

Summary. The results of the integrated research at Vostok-2 can be applied at other facilities which mine in similar mine and geological conditions.

Key words: deposit; internal dumping; physical and mechanical properties; rock mass; displacement; borrow cut; stability.

REFERENCES

1. Sakantsev G. G. Resource-saving technologies in the development of ore deposits using goaf. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015; 2: 29–37. (In Russ.)
2. Rasskazov I. Yu., Kursakin G. A., Potapchuk M. I., Freidin A. M. Selection of deep level geotechnology in terms of the “Vostok-2” orebody. *Journal of Mining Science*. 2012; 48 (1): 114–122.
3. Rasskazov I. Yu., Potapchuk M. I., Sobolev A. A., Saifulin V. V., Kursakin G. A. Improvement of piling technology for Hakandzhinskoe gold-ore deposit. *Vestnik TOGU = Bulletin of PNU*. 2016; 2 (41): 99–106. (In Russ.)
4. Gabitov R. M., Gavrishev S. E., Bondareva A. R., Kuznetsova T. S., Litvinov A. M. The impact of mine engineering conditions of the steeply pitching deposits on internal dumps formation at the final extraction and reconstruction of open pits. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova = Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2009; 1 (25): 5–9. (In Russ.)
5. Martynenko V. P. Deep pits rational parameters substantiation at internal dumping. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 1998; 3: 146–150. (In Russ.)
6. Gvozdev V. I. Vostok-2 and Lermontovskoye deposits. In: *Large and major mineral deposits*. Moscow: ESS RAS Publishing. 2006; 3 (2): 627–662. (In Russ.)
7. Rasskazov I. Yu. *Rock pressure control and management at the ore fields of the Far East region*. Moscow: Gornaia kniga Publishing; 2008. (In Russ.)
8. Soloviev S. G., Krivoshchekov N. N. Vostok-2 gold-base-metal-tungsten skarn deposit, Central Sikhotealin, Russia. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii = Geology of Ore Deposits*. Moscow: Nauka Publishing. 2011; 6: 543–568. (In Russ.)
9. Eberhardt E. *Rock slope stability analysis — utilization of advanced numerical techniques*. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2003. 41 p.
10. Grigoriev A. A., Lushpei V. P., Kostylev Iu. V. The results of observations of the stability of face slopes of coal mines in the difficult mining and geological conditions. In: *Proceedings of the International scientific conference “Modern technologies and the development of polytechnic education”, Vladivostok, September 14th–18th, 2015*. p. 183–185. (In Russ.)
11. Dhananjai V. A. Finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field. *Mining Journal*. 2014; 5: 11–16.
12. Rasskazov I. Yu., Kursakin G. A., Potapchuk M. I., Miroshnikov V. I., Freidin A. M., Osadchy S. P. Geomechanical assessment of deep-level mining conditions in the “Yuzhnoe” complex ore deposit. *Journal of Mining Science*. 2012; 48 (5): 874–881.

Received 25 June 2019

Information about authors:

Marina I. Potapchuk – PhD (Engineering), senior researcher, Institute of Mining FEB RAS. E-mail: potapchuk-igd@mail.ru

Igor Iu. Rasskazov – DSc (Engineering), acting director, Institute of Mining FEB RAS. E-mail: rasskazov@igd.khv.ru

Svetlana I. Korneeva – PhD (Engineering), scientific secretary, Institute of Mining FEB RAS. E-mail: s_korneeva@mail.ru

Mikhail A. Lomov – junior researcher, Institute of Mining FEB RAS. E-mail: 9241515400@mail.ru

Для цитирования: Потапчук М. И., Рассказов И. Ю., Корнеева С. И., Ломов М. А. Оценка влияния параметров внутреннего отвалообразования на геомеханическое состояние подземной отработки месторождения «Восток-2» // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 7. С. 77–85. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-77-85

For citation: Potapchuk M. I., Rasskazov I. Yu., Korneeva S. I., Lomov M. A. Evaluation of internal dumping impact on the geomechanical state of Vostok-2 deposit underground mining. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 7: 77–85 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-77-85