

тов обогащения и получения за их счет дополнительного прироста стоимости товарной продукции. Этот прирост существенно улучшает соотношение капитальных инвестиций к стоимости товарной продукции – с 1:6,3...7,3 до 1:3,7...3,95 и обеспечивает достижение всех положительных параметров кондиций оцениваемого минерального сырья.

Выводы и направления дальнейших исследований. В результате проведенной работы решена задача наиболее полного комплексного и экономически целесообразного извлечения имеющихся в руде ценных компонентов, на основе использования существующих прогрессивных технологий переработки минерального сырья при условии соблюдения требований охраны недр и окружающей природной среды.

Руда Носачевского месторождения содержит два основных полезных компонента, определяющих их экономическую ценность: диоксид титана и пентаксид фосфора. Попутно получаемая продукция – плагиоклазовый продукт. Оливин-пироксеновый и частично плагиоклазовый продукты, а также порода от проходки горных выработок были использованы в качестве материала для приготовления закладочной смеси. Это минимизировало воздействие будущего ГОКа на окружающую природную среду, а именно:

сохранена дневная поверхность над месторождением и имеющиеся на ней объекты;

не изымается земля под отвалы пород от проходки горных выработок;

емкость хвостохранилища, которое используется в качестве буферной емкости оборотной воды, минимизирована и составляет 50 га против 600 га, необходимых для укладки всех хвостов обогащения.

Исходя из опыта проектирования Носачевского ГОКа при оценке новых месторождений требуется более детальное изучение извлеченной из недр горной массы с целью комплексного и экономически целесообразного ее использования.

Рукопись поступила в редакцию

УДК 622.271.45

Н.В. КОРЧАГИН, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»,

Ю.М. НИКОЛАШИН, д-р техн. наук, проф.,

Ю.В. ПЕРЕГУДОВ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет «

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВНЕШНЕГО ОТВАЛА ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ МЯГКИХ И СКАЛЬНЫХ ПОРОД НА СЛАБОЕ ОСНОВАНИЕ

Выполнен анализ влияния на устойчивость отвала, формируемого на слабом обводненном основании, состава смешанных мягких и скальных пород.

отвал, основание, смешанные породы, устойчивость, оползни, свойства, расчет, рекомендации

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Формирование внешних отвалов на площадях в несколько км² охватывает территории с различными инженерно-геологическими условиями. Наиболее неблагоприятными из них являются участки пойменных отложений обводненных песчано-глинистых пород, обладающих низкой несущей способностью. Нарушение устойчивости отвалов на слабом основании иногда приводит к катастрофическим оползням с выпором основания.

Этому может способствовать нерегулируемое складирование вскрышных пород, в составе которых в значительном объеме присутствуют «неустойчивые» (мягкие) породы, поступающие из карьера на различных этапах его развития.

Многоярусный отвал № 2 ПАО «ИнГОК», расположенный на площади более 6 км², в настоящее время развивается в сторону водоохранной зоны р. Ингулец. Конечные контуры отвала будут отсыпаны после 2027 г.

Проектная высота отвала – 180 м, углы наклона бортов – 14°5. В тело отвала укладывают сланцевые (скальные) и песчано-глинистые (мягкие) породы и породы коры выветривания, в т.ч. до глинистого состояния. Кроме этого, на площади отвала отдельно складировуют окисленные кварциты.

При дальнейшем развитии отвала № 2 возникла проблема в связи с необходимостью складирования смешанных пород в определенном соотношении мягкого и скального состава.

При этом необходимо было установить степень влияния состава пород на устойчивость отвала и его проектные параметры.

Отсутствие дополнительных площадей для раздельного складирования мягких и скальных пород вскрыши с целью обеспечения устойчивости отвала в призмах возможного оползания, потребовало выполнить оценку состояния устойчивости отвала при формировании его ярусов из смешанных пород, находящихся в определенном процентном соотношении (мягкие: скальные).

Анализ достижений и публикаций. Механико-математической основой расчетов устойчивости отвалов является теория предельного равновесия, используемая инженерными методами оценки предельных состояний откосов сыпучей руды [1-3], которые учитывают все факторы, влияющие на устойчивость отвалов: инженерно-геологические, гидрогеологические, физико-географические и горнотехнические.

Надежность расчетов устойчивости отвалов зависит от изученности территории отвалообразования, изменчивости прочностных свойств основания и пород отвального массива, динамических нагрузок оборудования. При этом совокупное воздействие факторов на устойчивость откосов учитывается «коэффициентом условий работы» в виде нормативных коэффициентов запаса устойчивости отвала с учетом срока службы бортов: 10 лет для нерабочих - 1,3; менее 3 лет для рабочих - 1,15 [4].

При использовании расчетных схем устойчивости отвалов на слабом основании применяют графо-аналитические способы расчетов [2,3]: многоугольника сил (векторного сложения сил) и алгебраического сложения касательных напряжений по наиболее слабым поверхностям скольжения.

Указанные методы учитывают особенности инженерно-геологических условий слабого основания, позволяющие обоснованно выбрать вид поверхности скольжения в зависимости от мощности слабых слоев и контактов, углов их наклона и оценить влияние на устойчивость основания гидродинамического и порового давления. Наиболее надежные указанные характеристики получают при систематических наблюдениях за деформацией отвалов.

В научно-исследовательских отчетах института ВИОГЕМ содержатся данные натуральных наблюдений за деформациями отвалов Ингулецкого карьера, которые позволяют выполнить анализ фактических параметров подподошвенных призм оползания и расчетных (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика оползней отвалов Ингулецкого карьера

Характеристика отвала	Объекты нарушения устойчивости откосов				
	противо-фильтрационная дамба восточного борта карьера	отвал №3 в пойме реки	отвал №3 на восточном борту карьера	отвал №3 в пойме реки	отвал №2 восточный борт
1. Параметры отвала					
Дата аварии	17.12.84	17.07.88	03.11.93	03.07.00	19.04.01
Проектная высота, м	36	60	80	90	60
Проектный угол наклона борта, град.	26	23	15	16,5	23
Фактическая высота, м	36	60	94	42	90
Фактический угол наклона борта, град.	27	24	15	24	23
2. Размеры деформации борта отвала					
Длина оползня по фронту, м	200	900	900	600	490
Ширина оползания, м	35	30	60	130	65
Оседание призмы активного давления, м	12	20	34	4	22
Смещение призмы оползания по подошве, м	26	200	100	1	114
Высота выпора основания, м	2	6	0,5	1,1	13
Ширина выпора основания, м	10	200	20	80	92
Объем оползания, млн.м ³	0,3	1,8	14	5	4,5
Площадь оползня, га	2,5	18	29,5	15	11,5
Продолжительность развития оползня, ч	0,25	0,5	1	0,5	0,3

3. Результаты обратного расчета устойчивости оползневого участка борта отвала

Плотность пород, т/м ³ :					
оползневых масс	1,7	–	–	–	1,69
основания отвала	1,9	–	–	–	1,86
вскрышных	2,3	–	–	–	2,47
угол внутреннего трения в призме оползания, град.	10,0	–	–	–	7,4
сцепление в призме оползания, т/м ²	4,0	3,5	2,0	3,5	1,5

В опубликованной ранее статье об устойчивости отвала № 2 рассмотрено влияние порового давления, нейтрализация которого обеспечивается в случае применения специальных мероприятий, которые позволяют достигнуть нормативного коэффициента запаса устойчивости откосов, равного 1,2. [5]. Однако после ввода в действие «Норм технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки...2007. - С.27-29», указанный коэффициент повышен до 1,3, что потребовало контрольной проверки расчетов устойчивости отвала № 2 с учетом выполненных инженерно-геологических изысканий на территории расширения отвала и объемов вскрышных мягких и скальных смешанных пород Ингулецкого карьера.

Постановка задачи. Для обоснования технологического решения по складированию мягких и скальных пород в соотношениях поступающих из Ингулецкого карьера рассмотрены условия устойчивости отвала № 2 при его развитии к конечным контурам.

Задачей исследования является установление допустимого соотношения мягких и скальных вскрышных пород, укладываемых в отвал, при котором обеспечивается устойчивость его ярусов и бортов на слабом основании.

Решение задачи заключается в исследовании условий предельного равновесия призм подпошвенного (основания отвала) и надпошвенного (смешанных отвальных масс) возможного оползания по поверхностям скольжения устанавливаемым методом «последовательного приближения» путем отыскания минимального значения показателя коэффициента запаса устойчивости откоса.

Изложение материала и результатов. Для обоснования расчетных исходных данных выполнена обработка показателей физико-механических свойств многослойного основания отвала, состоящего из 17 инженерно-геологических элементов, и многослойной толщи песчано-глинистых пород и коры выветривания западного и восточного бортов Ингулецкого карьера, включающей 24 инженерно-геологических элемента [2,7].

В результате обработки инженерно-геологических и натуральных данных получены показатели величин плотности, углов внутреннего трения и сцепления пород основания и вскрыши с учетом коэффициентов запаса устойчивости откосов рабочих и нерабочих бортов отвала (табл. 2).

Таблица 2

Показатели величин сопротивления сдвигу пород и их смесей

Горнотехнологическая характеристика пород	Показатели величин сопротивления пород и их смесей при действующих в отвале нормальных напряжениях, σ_n , МПа								
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,0	3,5
Нарушенные при выемке и транспортировке мягкие породы	0,10	0,15	0,20	–	–	–	–	–	–
Нарушенные взрывом скальные породы	0,15	0,28	0,42	0,56	0,74	1,12	1,40	1,66	1,86
Песчано-глинистые породы основания отвала	–	0,20	0,29	0,31	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60
Отвальные породы смешанного состава (мягкие: скальные):									
-1:1	0,07	0,13	0,15	0,22	0,31	0,39	0,42	0,50	0,60
-1:2	0,08	0,16	0,18	0,25	0,33	0,45	0,50	0,57	0,65
-1:2,33	0,10	0,22	0,29	0,36	0,42	0,60	0,60	0,60	0,60
-1,5:1	0,07	0,10	0,13	0,19	0,29	0,37	0,40	0,40	0,40
-3:1	0,05	0,07	0,11	0,13	0,19	0,25	0,30	0,30	0,30

Расчетные характеристики смешанных горных пород вскрыши в процентном соотношении мягкого и скального их состава 30/70 и 60/40 получены путем определения средневзвешенных показателей плотности, коэффициентов внутреннего трения и сцепления по их объему с использованием средневзвешенных значений по мощности слоев в бортах Ингулецкого карьера.

Кроме этого, по результатам моделирования смесей на сдвиг в соотношении песчано-глинистых пород и смесей с размерами до 5 мм; 1:1, 1:2, 2:1 и 3:1 (см. табл. 2) получены зависимости сопротивления сдвигу смеси от нормальных нагрузок (от 0,25 до 3,5 МПа) в призме возможного оползания.

При построении поверхностей скольжения с заглублением в основание на 12 и 27 м (в соответствии с обобщенным инженерно-геологическим разрезом) использованы следующие показатели: угол наклона основания до 3°; максимальная ширина призмы возможного оползания - 54 м; ширина выпора основания отвала - 10 м; углы излома θ и ψ криволинейной поверхности скольжения на контакте с поверхностью основания - 17 и 2°; соответственно - вертикальная трещина отрыва призмы оползания - 10 м.

Графо-аналитические расчеты устойчивости отвала № 2 с учетом складирования мягкой и скальной вскрыши в соотношении (%): 30:70 на гор. (+70) м и 60:40 на гор. (+90)...(+210) м показывают, что расчетные величины коэффициентов запаса соответствуют нормативному значению, равного 1,3 (приведен расчет по одной из наиболее слабых поверхностей скольжения в табл. 3).

Таблица 3

Расчет устойчивости южного борта отвала № 2 методом алгебраичного сложения допускаемых и действующих касательных напряжений при высоте отвала 180 м угле наклона борта 14°,5 с коэффициентом запаса $n=1,2$.

№ п/б	$\gamma, \text{т/м}^2$	h, м	$\gamma \cdot h$	X, град.	$\cos^2 \alpha$	$\sigma_d, \text{т/м}^2$	$\tau_{уд}, \text{т/м}^2$	$l_1, \text{м}$	$\tau_{уд} \cdot l_1$	$\sin 2\alpha, \text{град.}$	$\tau_{ед}$	$\tau_{ед} \cdot l_1, \text{т/м}^2$
1. Расчетные блоки в отвальном массиве с соотношением 1,5:1												
1	2,65	28	74	57,3	0,2918	22	13	72	936	0,9063	34	2448
2	2,60	69	179	51	0,3960	71	28	25	700	0,9781	88	2200
3	2,56	80	205	46,5	0,4739	97	35	28	980	0,9986	102	2856
4	2,57	92	237	40	0,5868	139	40	32	1280	0,9848	116	3712
5	2,59	110	284	35	0,6711	190	40	32	1280	0,9397	133	4256
6	2,59	120	311	31	0,7348	228	40	39	1560	0,8829	137	5343
7	2,59	125	324	29,5	0,7576	245	40	23	920	0,8572	139	3197
2. Расчетные блоки в отвальном массиве яруса гор. (+70) м с соотношением 1:2,33												
8	2,60	134	348	20	0,8830	307	40	29	1740	0,6428	112	3248
3. Расчетные блоки слабого основания отвала												
9	2,58	145	374	15,5	0,9285	*345	60	40	2400	0,5150	96	3840
10	2,50	74	185	3	0,9833	*182	60	502	29116	0,1045	10	5020
* – напряжение с учетом $\sum_{i=1}^{10}$						Удерживающих $\tau_{уд}$			40412 тс		n=1	36120
гидродинамического давления грунтовых вод $\sum_{i=1}^{10}$						Сдвигающихся $\tau_{ед}$			36120 тс			1,1

Рукопись поступила в редакцию 31.03.12

УДК 622.646+622.73

Д.А. ФЕДОРОВСКИЙ, К.Ю. ХАБЛО, Д.И. ГЕРМАН, Н.Г. АРТЕМЬЕВА
ГП «ГПИ «Кривбасспроект».

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО РЕМОНТУ РУДОСПУСКА И ПРИЕМНОГО БУНКЕРА В КАМЕРЕ ДРОБЛЕНИЯ №2 ДРОБИЛЬНО-БУНКЕРНОГО КОМПЛЕКСА СКИПОВОГО СТВОЛА РУДНИКА «СЕВЕРНЫЙ» ОАО «КОЛЬСКАЯ ГМК»

Выполнен анализ причин разрушения приёмного бункера и рудоспуска в камере дробления №2. Изложены проектные решения по ремонту приёмного бункера и рудоспуска. Дан обзор технологических схем ДБК, применяемых на шахтах Кривбасса.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При разработке месторождений полезных ископаемых увеличение размеров кондиционного куска до 750-1000 мм позволяет снизить трудоемкость выпуска, доставки и транспортирования руды, сократить объем взрывных работ на горизонте выпуска, разрядить сетку скважин при массовой отбойке. Вследствие этого сокращается удельный расход скважин, расход ВВ на отбойку и вторичное дробление, увеличивается выход руды с 1 м скважины, снижается себестоимость буровзрывных работ, увеличивается производительность