

УДК 622.1

ФАКТОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ОСВОЕНИИ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Никольская О.В., Джакупбеков Б.Т.

Институт машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР

В статье проведен анализ причин нарушения устойчивости отвалов вскрышных пород при освоении нагорных месторождений, по результатам проведенного анализа разработана матрица рисков при отвалообразовании на нагорных месторождениях

Ключевые слова: отвалы, причины, факторы безопасности, риск.

АЧЫЛГАН ТЕКТЕРДИН ТӨГҮНДҮЛӨРҮНҮН КООПСУЗДУК ФАКТОРЛОРУ ТООЛУУ КЕНДЕРДИ ӨЗДӨШТҮРҮҮДӨ

Никольская О. В., Жакупбеков Б. Т.

КР УИАнын машина таануу, автоматика жана геомеханика
институту

Макалада тоолуу кендерди өздөштүрүүдө ачылган тектердин төгүндүлөрүнүн туруктуулугунун бузулушунун себептерине талдоо жүргүзүлгөн, жүргүзүлгөн талдоонун жыйынтыгы боюнча тоолуу кендердин төгүлүшүндөгү тобокелдиктердин матрицасы иштелип чыккан

Баштапкы сөздөр: таштандылар, себептер, коопсуздук факторлору, тобокелдик.

SAFETY FACTORS OF OVERBURDEN DUMPS DURING THE DEVELOPMENT OF UPLAND DEPOSITS

Nikolskaya O.V., Dzhakupbekov B.T.

Institute of Machine Science, Automation and Geomechanics of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

The article analyzes the causes of disruption of the stability of overburden dumps during the development of upland deposits. Based on the results of the analysis, a risk matrix for landfill formation in upland deposits has been developed.

Keywords: dumps, causes, safety factors, risk.

Процесс формирования отвалов вскрышных пород на горных склонах при освоении нагорных месторождений непосредственно связан с обеспечением безопасности и снижением риска возможных нарушений устойчивости как отвальных масс, так и непосредственно самого отвала.

При освоении высокогорных месторождений отвалы размещают на склонах в непосредственной близости от карьера в близлежащих саях на склонах, крутизна которых изменяется в пределах от 10 до 20 град на высоте от 3 500 до 4 000 м над уровнем моря.

На устойчивость таких отвалов кроме параметров самого отвала (высота и ширины) влияют сейсмические ускорения, количество атмосферных осадков, сезонные и суточные колебания температуры воздуха гидрологические и гидрогеологические условия, несущая способность самого основания под отвал. При нарушении устойчивости отвала на склоне, возникает угроза близлежащей территории в пределах которой расположены коммуникации, производственные и хозяйственные здания и сооружения. Таким образом, обязательным условием отвалообразования является обеспечении производственной и экологической безопасности [1].

Развитие деформаций в отвале обусловлены природными и техногенными факторами. К природным факторам относятся сейсмичность района высокогорного месторождения; влажность пород отвала за счёт осадков; поднятие уровня подземных вод; соответствие угла внутреннего трения пород отвала, углу наклона основания под отвал.

Техногенные факторы это: давление отвала на основание (несущая способность основания); высота яруса отвала; коэффициент разрыхления; коэффициент безопасности; скорость деформации отвала.

Отвалы вскрышных пород на наклонном основании находятся в устойчивом состоянии (не оползают и не обрушаются) до тех пор, пока удерживающие силы превышает сдвигающие усилия. [2-4] Сопротивления сдвигу, которое является следствием трения между отдельными частицами сыпучего материала и между частицами и твердым основанием отвала.

Смещение пород в отвале определяется кусковатостью разрыхленной массы, плотностью их упаковки и дальнейшим уплотнением пород в отвале. До тех пор, пока суммарная величина сдвигающего усилия остается меньше силы сопротивления, никаких относительных перемещений частиц внутри данного структурного образования происходить не будет. [2,5-7]

Отвал будет находиться в равновесии, если силы сопротивления сдвигу на границе раздела отсыпаемых вскрышных пород на основание достаточны для нейтрализации сдвигающих усилий: [6,7]

$$\tau_n = \tau_0 + P_n \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

где τ_0 - эффективная сила сцепления, φ — угол внутреннего трения, P_n — эффективное нормальное давление.

Сдвигающие усилия в отвале и движение отвальной массы обусловлены силой тяжести, а также периодическими сотрясениями при проведении взрывных работ в карьере. В условиях сезонного промерзания пород в отвале, величина сопротивления сдвигу в течение года испытывает сезонные колебания. Оттаивание и увлажнение сыпучего материала в весенне-летний период уменьшают величину сопротивления сдвигу до 20% [8].

Коэффициент устойчивости (коэффициент безопасности) рассчитывают по соотношению удерживающих и сдвигающих сил (2), т.е

$$K_y = \frac{\sum F_{\text{удерж}}}{\sum T_{\text{сдвиг}}} > 1,3 \quad (2)$$

$\sum F_{\text{удерж}}$ – сумма удерживающих сил; $\sum T_{\text{сдвиг}}$ – сумма сдвигающих сил
Значение коэффициента устойчивости (коэффициента безопасности) назначают согласно нормативным документам [8-10].

При расчете устойчивости отвалов, расположенных в сейсмоактивных регионах, необходимо учитывать сейсмические ускорения возможных землетрясений. Учитывая ограниченные площади при освоении нагорных месторождений и то, что отвалы располагают на склонах и в непосредственной близости к карьере, сотрясение при взрывах может достигать 3-4 баллов [11]. Сейсмический коэффициент рассчитывают по формуле (3)

$$K_c = 1 + \frac{\alpha_{\text{max}}}{g}, \quad (3)$$

где α_{max} - расчетная величина сейсмического ускорения, мм/сек²; g - ускорение силы тяжести, м/сек².

Сдвигающие силы T , вызывающая обрушение увеличивается на величину коэффициента сейсмичности, а удерживающие силы F уменьшается на эту же величину. При землетрясении 8-9 баллов, значение коэффициента безопасности, а следовательно, и устойчивость отвала снижается до 40-50% [11,12]

Оценку фактора безопасности - уровня риска - следует начинать с оценки коэффициента устойчивости с учетом возможного сейсмического воздействия.

Уровень риска определяется выявленными неблагоприятными факторами природного и техногенного характера

В результате анализа основных факторов безопасности, разработана матрица рисков при отвалообразовании на высокогорных месторождениях (рис 1) При разработке матрицы были выбраны наиболее информативные факторы риска при отвалообразовании на склоне. Матрица рисков уточняется по мере увеличения объема отгружаемых пород, если степень риска высокая хотя бы по одному параметру, отвал считается неустойчивым и необходимо разрабатывать превентивные меры по снижению риска внезапного сползания.

Матрица рисков при отвалообразовании на нагорных месторождениях

факторы	фактор риска	количественная оценка	последствия	степень риска
природные	сейсмичность района высокогорного месторождения, баллы	4 балла	разрушений и смещений не наблюдается	низкая
		7 баллов	образование трещин, возможны подвижки	средняя
		9 баллов и более	разрушение и смещение	высокая
	влажность пород отвала за счёт осадков, проценты	2 -5 %	сухие, деформации отсутствуют	низкая
		6-15%	влажные, возможно развитие пластических деформаций	средняя
		16% и более	мокрые, развиваются вязкопластические деформации	высокая
	поднятие уровня подземных вод м/сутки	0-0,1	не влияет на развитие смещений на границе основание-тело отвала	низкая
		0,12-0,3	возможны затухающие подвижки на границе основание-тело отвала,	средняя
		0,3 и более	вероятность смещения в течении 20-25 дней на границе основание-тело отвала	высокая
	соответствие угла внутреннего трения пород отвала φ , углу	$\varphi > \alpha$	деформации отвала не наблюдаются	низкая
		$\varphi = \alpha$	возможно развитие деформаций	средняя
		$\varphi < \alpha$	отвал смещается	высокая

	наклона основания под отвал α , град			
техногенные	давление отвала P на основание N (несущая способность основания), МПа	$P < N$	деформации основания под отвал отсутствуют устойчивое состояние	низкая
		$P = N$	просадка основания под отвал	средняя
		$P > N$	просадка и смещения основания под отвал	высокая
	высота яруса отвала h , м	$h < 50$	деформации отсутствуют	низкая
		$h = 50$	затухающие деформации	средняя
		$h > 50$	прогрессирующие деформации	высокая
	коэффициент разрыхления	1,4-1,5	устойчивое состояние	низкая
		1,3-1,2	предельное состояние	средняя
		1,1-1	неустойчивое состояние	высокая
	коэффициент безопасности K_y^*	$K_y > 1,3$	устойчивое состояние	низкая
		$K_y = 1,3$	предельное состояние	средняя
		$K_y < 1,3$	неустойчивое состояние	высокая
	скорость деформации отвала v^* , м/с	$v < 1,2$	безопасная скорость деформации отвала	низкая
		$v = 1,2$	предельная скорость деформации отвала	средняя
		$v > 1,2$	опасная скорость деформации отвала	высокая

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Утверждена Госгортехнадзором СССР 21 июля 1970 г.
2. Правила безопасности производственных процессов добычи полезных ископаемых открытым способом /Государственный комитет промышленности, энергетики и недропользования Кыргызской республики // Приказ от 24 апреля 2018 года № 01-7/203 <https://cbd.minjust.gov.kg/200247/edition/873507/ru>
3. Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработок. М.: Унипромедь, 1975 г.
4. Отвалы на горных склонах. Отв.ред. Э.Б.Красносельский «Наука», Л.: 1975 <https://www.geokniga.org/books/16301>
5. Кириченко Ю.В. инженерно-геологические особенности формирования отвальных массивов. /ж.Горная промышленность №3. 2002г.
6. Отвалы на горных склонах. Отв.ред. Э.Б.Красносельский «Наука», Л.: 1975 – 150 с. <https://www.geokniga.org/books/16301>
7. Еремин Г.М. Физико-технические и геомеханические процессы в насыпных породах на склонах. –М.: Издательство «Горная книга». – 2007. – 343с.
8. Кадыралиева Г.А., Никольская О.В. Нарушение местной устойчивости откосов автомобильных и технологических горных дорог//Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Исанова №1(51) Бишкек - 2016 с.402-407 eLibrary ID: 25895729
9. Методические указания по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и откосов отвалов. – Москва, ИПКОН РАН, 2022. – 90 с.
10. Жабко А. В., Волкоморова Н.В., Жабко Н.М. Расчет устойчивости отвалов на наклонном контакте. /Известия Уральского горного университета, 2021.Вып.1(61). С 87-101 <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-1-87-101>
11. Жер титирөөгө туруктуу курулуш. Долбоорлоо ченемдери КР КЧ 20-02:2024 [Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования СН КР 20-02:2024] Расмий басылма [Издание официальное] БИШКЕК 2024
12. ОДМ 218.2.053-2015 Рекомендации по оценке сейсмического воздействия при определении устойчивости оползневых участков автомобильных дорог 1972 -163 с. <https://www.geokniga.org/books/13499>