

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ V

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288

Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,

д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,

канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,

канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

канд. техн. наук, доцент Шевченко Р.А.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть V. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 446 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления, строительства, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ВЫСШИМИ РАСТЕНИЯМИ <i>Гашикова А.О., Панфилов В.Д., Баженова Н.Н., Водолеев А.С.</i>	339
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Панфилов В.Д., Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	345
ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕТАЛЛУРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВОГО ГАЗА <i>Сидонова М. В., Михайличенко Т.А.</i>	352
ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЭС (ТЭЦ) И В КОТЕЛЬНЫХ <i>Сидонова М. В., Михайличенко Т.А.</i>	357
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЭМУЛЬГАТОРА ДЛЯ ЗАРЯЖАНИЯ ОБВОДНЕННЫХ СКВАЖИН С ЛЮБОЙ СТЕПЕНЬЮ ОБВОДНЕННОСТИ <i>Ефремов С.Ю., Дудкин В.П., Тупицина Е.В., Чеботаренко С.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	363
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ НА РАЗРЕЗЕ КИЙЗАССКОМ МЕТОДОМ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ <i>Сунегин Д.Н., Дудник С.А., Ткаченко Д.Ю., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	367
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ <i>Ефремов С.Ю., Дудкин В.П., Тупицина Е.В., Чеботаренко С.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	373
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Кибин А.А., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	376
ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ <i>Пудовкин И.А., Садыков А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	382
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-20 В УСЛОВИЯХ РАЗРЕЗА «РАСПАДСКИЙ» <i>Миндов И.В., Курдюков М.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	386
ВЫБОР НОРМАТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ <i>Зязина В.В., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	389
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА <i>Никитина А.М., Риб С.В.</i>	396

ВЫБОР НОРМАТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТОВ

Зязина В.В., Лобанова О.О., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Исследование фокусируется на прогнозировании и оценке устойчивости бортов, уступов разрезов и откосов отвалов в контексте использования специализированных программных комплексов. Мы провели анализ на примере каменноугольного месторождения, определили физико-механические характеристики грунтов, исследовали схемы деформации и степень устойчивости бортов и уступов в карьере. С использованием указанных программных комплексов мы выполнили расчеты, определив устойчивость отвалов, бортов и уступов в карьере. Кроме того, мы также проанализировали воздействие неопределенности в исходных данных на вероятность обрушения на месторождении и выявили зависимость коэффициента запаса устойчивости от удельной нагрузки на уступе при разработке месторождения.

Ключевые слова: оценка устойчивости, уступ, откос, борт, геомеханика.

Исходя из анализа инженерно-геологических условий территории ведения работ, для оценки устойчивости откосов были применены следующие схемы расчетов:

- разрушение откосов при отсутствии в теле отвала и его основании поверхностей ослабления, способных реализоваться в поверхности скольжения. При достижении предельного равновесия деформирование массива происходит по монотонной поверхности, близкой по форме к круглоцилиндрической. Расчетная схема – однородный (квазиизотропный) откос;

- тразрушение откоса происходит по поверхности скольжения, которая в нижней части массива проходит по породам основания отвала, а в верхней части имеет форму монотонной криволинейной поверхности, близкой к круглоцилиндрической. Данная схема использовалась при оценке устойчивости тела отвала и его участков.

Геомеханические расчеты выполнены в модуле Slide программного комплекса компании Rocscience, дочерней компании Университета Торонто (Канада), которая на рынке специализированного программного обеспечения представлена с 1996 года и является одним из мировых лидеров в данном направлении. Современное программное обеспечение позволяет минимизировать недооценку геомеханических рисков и погрешности расчета сложных моделей за счет реализации комплексного и

многовариантного подхода, при котором устойчивость откосов оценивается сразу несколькими инженерными способами по большому количеству потенциальных поверхностей скольжения (тысячи и десятки тысяч ППС).

Описание и порядок применения методов и схем расчета даны в действующей нормативно-методической литературе. Построения потенциальных поверхностей скольжения и выбор расчетной схемы выполнены для каждого оцениваемого откоса с учетом сдвиговых характеристик слагающих пород и слабых контактов, соотношения углов его наклона, внутреннего трения и падения естественных поверхностей ослабления, а также ориентировки последних относительно простирания плоскости откоса. Для каждого оцениваемого откоса выполнено многовариантное построение ППС, при этом оценка устойчивости представлена по наиболее напряженной поверхности.

При проведении поверочных расчетов планируемого положения уступов, бортов и откосов отвалов в прочностные характеристики пород коэффициент запаса устойчивости не вводился, расчетные коэффициенты устойчивости по наиболее напряженной поверхности скольжения сравнивались с нормативными значениями без учета влияния сейсмических сил (таблица 1, таблица 2) и с учетом сейсмических сил (таблица 3).

Таблица 1 – Нормативные значения коэффициентов запаса устойчивости принятые для карьеров*, без учета сейсмических сил

Характеристика откоса	Эксплуатация и техническое перевооружение
Уступ*	1,50
Участок борта, борт	1,30
* Полускальные и скальные породы	

Таблица 2 – Нормативные значения коэффициентов запаса устойчивости для отвалов*, без учета сейсмических сил

Тип отвальной массы	Тип основания*		
	Прочное	Слабый контакт	Слабое
Скальная отвальная масса	1,15	1,20	1,30
Песчано-глинистые породы, смесь песчано-глинистых и скальных пород	1,20	1,20	1,30
* Прочное основание - основание, представленное скальными, полускальными и песчано-гравийными породами, сопротивление сдвигу которых не ниже, чем у отвальной массы.			

Слабый контакт – слой, мощностью не более 2 метров, представленный глинисто-суглинистыми породами, сопротивление сдвигу которых ниже, чем у отвальной массы. Слабое основание – слой, мощностью более 2 метров, представленный глинисто-суглинистыми породами, сопротивление сдвигу которых ниже, чем у отвальной массы.

Таблица 3 – Нормативные значения коэффициентов запаса устойчивости с учетом влияния сейсмических сил

Характеристика откоса		Нормативные КЗУ
Карьер	Рабочий уступ	1,0
	Уступ в конечном положении	1,10
	Борт, участок борта, временно-нерабочий борт	1,05
Отвал	Отвал (ярус)	

Целью оценки и управления рисками в горнодобывающей промышленности является контроль над надежностью проектных параметров в процессе эксплуатации месторождений и обеспечение безопасных условий работы при возможных неустойчивостях откосов. Оценка рисков проводится при проектировании горных объектов и в ходе эксплуатации карьеров, разрезов и отвалов. При выявлении критических деформаций производится переоценка уровня риска. На основе результатов мониторинга и последующей переоценки рисков эксплуатирующая организация принимает меры по обеспечению устойчивости уступов, локальных участков бортов карьеров, разрезов и отвалов, либо уменьшает вредное воздействие деформационных процессов.

Результаты оценки риска в отношении возможных деформаций и нарушения устойчивости бортов, уступов разрезов и откосов отвалов становятся основой для последующего управления данными рисками, с целью предотвращения потенциальных неблагоприятных событий и минимизации их последствий, если предотвращение невозможно.

Управление рисками определяет методику проведения горных работ и принятие решений о необходимости реализации мероприятий по управлению устойчивостью, а также их последовательность.

Для тех территорий, на которых вероятность возникновения деформаций соответствует среднему, высокому или очень высокому уровню, требуется разработка и реализация плана мероприятий, направленных на снижение вероятности деформационных процессов и их возможных последствий. План мероприятий разрабатывается на краткосрочную перспективу для объектов с высоким риском и на долгосрочную перспективу для территорий с средним уровнем риска деформаций.

Управление уровнем риска в объекте можно осуществить путем контроля основных факторов, которые определяют его стабильность.

Снижение вероятности возникновения неблагоприятных событий может быть достигнуто через изменение стратегии горных работ, модификацию параметров эксплуатации (включая уменьшение высоты обрыва, изменение угла наклона склона, и увеличение безопасных зон).

Прогнозирование зон с повышенным риском деформаций заранее позволяет предпринять меры по снижению возможных последствий неблагоприятных ситуаций. Таким образом, управление степенью

серьезности потенциальных последствий может включать приостановку работ, эвакуацию оборудования и персонала.

Мероприятия по снижению риска развития деформаций направлены на:

- стабилизацию состояния уступов, откосов отвалов путем снижения или исключения вероятности деформаций;

- компенсацию деформаций путем снижения тяжести последствий возможных деформаций.

Мероприятия разрабатываются для участков:

- с обнаруженными признаками деформационных процессов;
- с потенциальными признаками возможных деформаций: выходы тектонических нарушений на контур откосов, повышенная степень трещиноватости пород, наличие зон ослабленных пород и др.;

- не соответствующих параметрам, принятым проектом ведения горных работ.

Результаты геомеханической оценки уступов, бортов и откосов отвалов участка сведены в таблицу на рисунке 1

Оценка стойкости горных работ на данном участке была проведена на основе анализа нескольких расчетных профилей: М-1, М-2, М-3, М-4, Р-1, Р-2, Р-3, Р-4, Р-5, СЗ-1, СЗ-2, СП-1 и В-2. Результаты геомеханической оценки показали, что все проектные положения обладают нормативным запасом стойкости, с учетом расчетных профилей.

При проведении расчетов стойкости учтено расположение горнотранспортного оборудования на расстоянии 5 м от края выработки. Оценка также показала, что проектные положения, учитывающие воздействие нагрузок от горнотранспортного оборудования (ГТО), также соответствуют нормативному коэффициенту стойкости. В частности, на отвале СХХ-ЗХХ, нормативный коэффициент стойкости обеспечивается при условии наличия безопасной автомобильной бермы в 10 метрах от уступа.

Расчетный профиль	Высота бермы, м	Реальная высота уступа, град.	Высота вышележащего откоса, м	Реальная высота уступа с вышележащим откосом, град.	Коэффициент запаса устойчивости без учета собственного воздействия			Коэффициент запаса устойчивости с учетом собственного воздействия			Коэффициент запаса устойчивости с учетом воздействия максимальных нагрузок от горнотранспортного оборудования ¹					
					Нормативный	Расчетный метод			Нормативный	Расчетный метод			Нормативный	Расчетный метод		
						Явлюсь откосом	Склоном	Моренным откосом/Плато		Явлюсь откосом	Склоном	Моренным откосом/Плато		Явлюсь откосом	Склоном	Моренным откосом/Плато
Борт																
Р-1	202,0	23,0	132,7	35,0	1,30	1,91	1,93	1,49	1,00	1,26	1,30	1,27	-			
Р-2	203,1	25,0	88,0	37,0		1,91	1,90	1,48		1,42	1,46	1,38				
Р-3	279,6	23,0	110,0	35,0		1,76	1,76	1,71		1,46	1,48	1,48				
Р-4	343,7	19,0	131,2	36,0		1,32	1,41	1,41		1,12	1,19	1,28				
Р-5	165,1	24,0	165,1	24,0		1,86	1,73	1,73		1,32	1,39	1,38				
Отвал																
М-1	195,3	17,0	41,0	36,0	1,20	1,33	1,33	1,32	1,05	1,19	1,21	1,19	-			
М-2	191,1	17,0	34,1	36,0		1,35	1,36	1,35		1,12	1,14	1,13				
М-3	159,0	15,0	30,0	36,0		1,42	1,43	1,42		1,19	1,20	1,19				
М-5	127,9	16,0	24,3	34,0		1,83	1,86	1,83		1,28	1,30	1,29				
М-2	82,7	14,0	31,8	35,0		1,34	1,33	1,34		1,12	1,13	1,12				
СЗ-1	175,4	26,0	53,0	35,0	1,39 ²	1,21	1,20	1,20	1,20	1,04	1,04	1,04	1,20	1,21	1,20	1,20
СЗ-2 ²	162,0	26,0	41,4	32,0		1,32	1,33	1,33		1,07	1,10	1,11		1,23	1,25	1,22
СП-1	197,1	16,0	36,0	30,0		1,20	1,36	1,39		1,15	1,17	1,16		1,36	1,39	1,36
Примечание: 1 – оценка устойчивости дана с учетом расхождения ГТО на расстоянии 10 м от бровки уступа.																
2 – при оценке учитывается сдвиг (Таблица 1.6), т.е. в формировании основания принимает участие слабый неконсолидированный грунт, мощностью более 2м (ИГЭ Тп). Карта распространения слабых грунтов приведена в Приложении Г.																

Примечание: 1 – оценка устойчивости дана с учетом расположения ГТО на расстоянии 10 м от борта уступа.

2 – это основание откосов в склоне (Таблица 1.6), т.е. в формировании основания принимают участие слабый интрузивный гравий, мощностью более 2м. (ИГ'5 5г). Карты распространения слабых грунтов приведены в Приложении Г.

Рисунок 1 – Таблица результатов оценки устойчивости положения бортов и уступов

Сечения с положениями слабейших потенциальных поверхностей скольжения и более подробные результаты оценки устойчивости проектных положений горных работ приведены далее на рисунках 2-5.

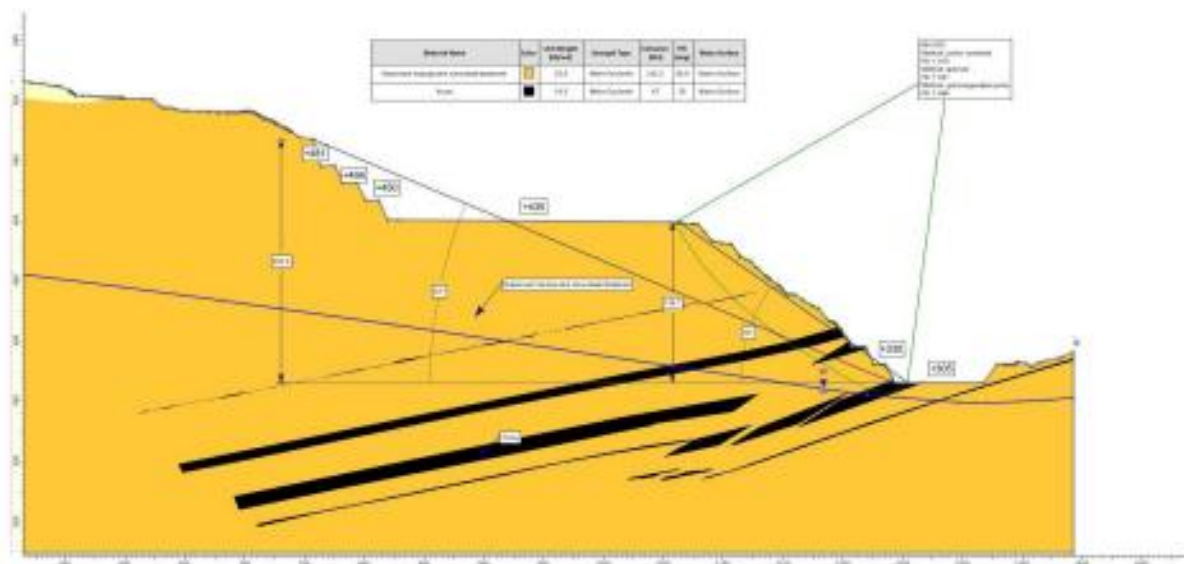


Рисунок 2 – Участок борта разреза Р-1 без учета сейсмического воздействия

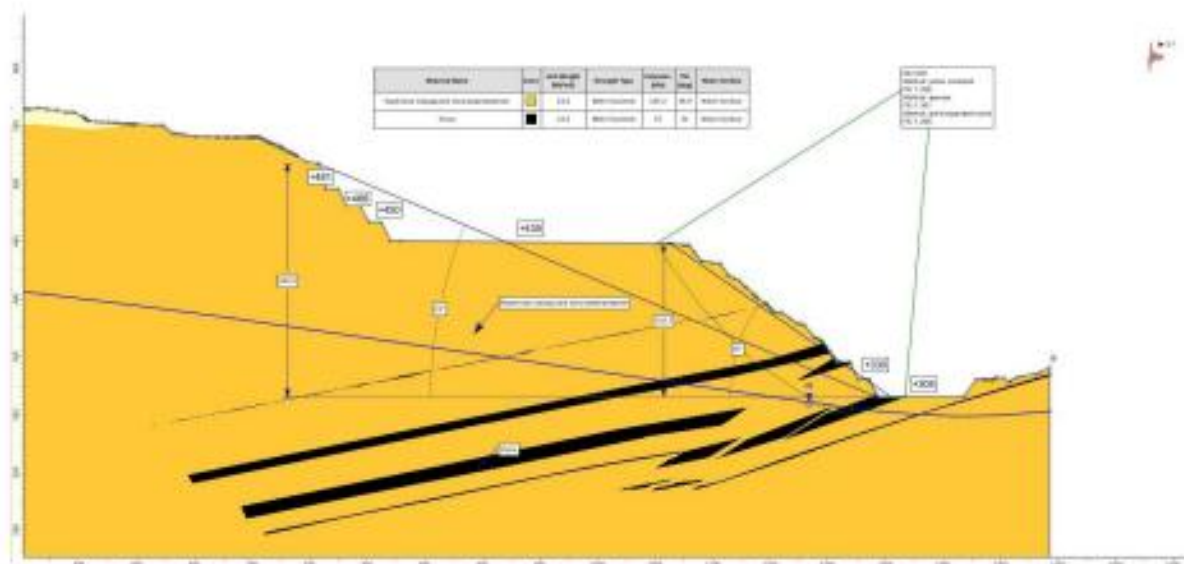


Рисунок 3 – Участок борта разреза Р-1 с учетом сейсмического воздействия

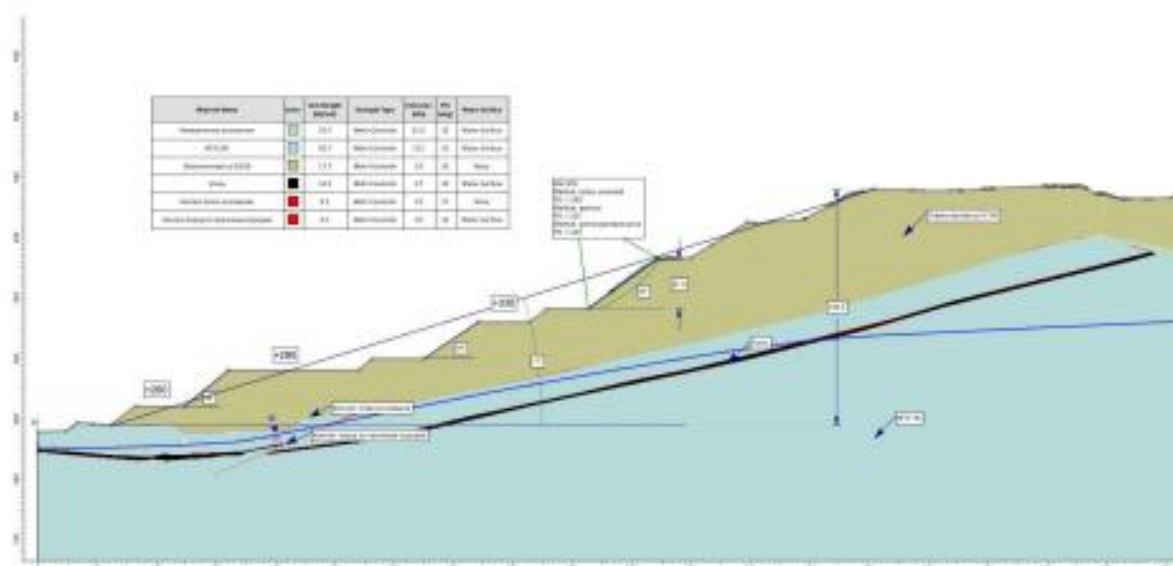


Рисунок 4 – Отвал, разрез М-1 без учета сейсмического воздействия

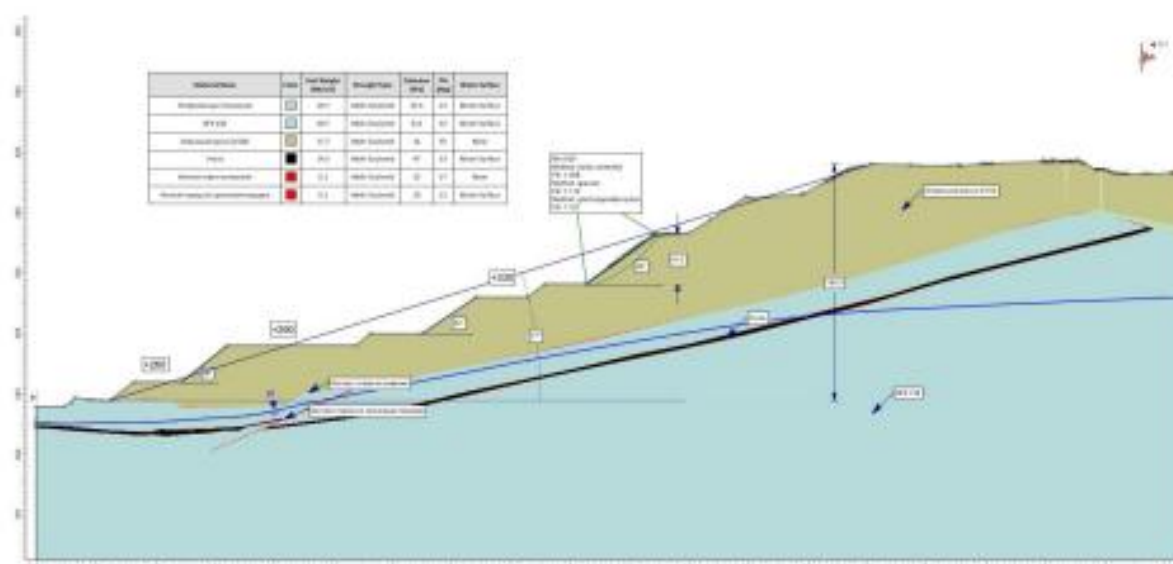


Рисунок 5 – Отвал, разрез М-1 с учетом сейсмического воздействия

Оценка риска – общий процесс выявления, анализа и определения степени рисков.

К рискам развития аварийных ситуаций, связанных с нарушением устойчивости бортов, уступов карьеров, откосов отвалов при отработке месторождения открытым способом относятся деформации:

- уступов в различных участках карьера;
- участков борта, состоящих из двух и более уступов;
- бортов карьера по всей высоте;
- связанные с мелкими вывалами и камнепадом;

- в зонах слабых или дезинтегрированных пород, склонных к оползневым процессам или механизмам деформирования без явно выраженных поверхностей ослабления;

- на участках интенсивного высачивания грунтовых вод, разжижение, обводнение пород, селевые потоки (фильтрационные деформации);

- отвалов на слабом, наклонном основании, нагруженные горной техникой;

- связанные с периодической сейсмической активностью региона.

Основные задачи этапа анализа риска:

- определение частот (вероятностей) возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;

- оценка последствий возникновения нежелательных событий;

- обобщение оценок с определением уровня риска.

Этап анализа выявленных рисков включает в себя качественную и количественную оценку вероятности обрушения, а также оценку тяжести последствия от потенциальных обрушений.

Оценка и управление рисками проводится с помощью матрицы рисков, которая отображает качественные и количественные показатели рисков.

Для проведения оценки и управления рисками развития деформаций и нарушений устойчивости бортов, уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов необходимо:

1. Определить вероятность обрушения.

2. Оценить качественно тяжесть последствий обрушения для различных масштабов (уступ, группа уступов и борт).

3. Произвести расчет величины риска.

4. Определить уровень риска.

5. Принять необходимые меры реагирования на развитие деформаций и нарушение устойчивости в соответствии с уровнем риска.

6. Произвести переоценку рисков при изменении параметров, влияющих на его уровень.

По результатам геомеханической оценки уступов, бортов и откосов отвалов участка, установлено, что положения горных работ обеспечены нормативным коэффициентом запаса устойчивости.

Оценка и управление рисками, организация мониторинга, разработка и принятие мероприятий по управлению устойчивостью бортов и уступов разреза и отвалов - обязательные работы, необходимые для безопасного и непрерывного процесса добычи полезного ископаемого открытым способом.

На развитие деформационных процессов оказывают влияние природные, инженерно-геологические, гидрогеологические и техногенные факторы.

Оценка риска развития деформаций проведена с учетом количественной и качественной оценки вероятности неблагоприятного события, а также тяжести последствий обрушений бортов.

Выполненная работа по определению уровня риска развития

деформаций и нарушения устойчивости бортов, уступов разреза и откосов отвалов позволяет сделать вывод о том, что на территориях участков «ХХХ», «ХХХ-Х» выделяются две области по уровню риска развития деформаций. Низкий уровень риска развития деформаций характерен для территорий, расположенных за пределами опасных зон, средний уровень риска - в границах существующих опасных зон.

Библиографический список

1. Немова Н.А., Бельш Т.А. Геомеханическая оценка параметров устойчивости откосов бортов и уступов при отработке месторождения апатит-нефелиновых руд «Олений ручей» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 11. С. 109–120.
2. Шамаев М. К., Ташкулов А. А. Эффективность отработки вскрыши высокими уступами на месторождениях полезных ископаемых при открытой разработке // Маркшейдерия и недропользование. 2021. № 4. С. 20-22
3. Рыжова Л. П., Носова Е. В. К вопросу эффективности отработки техногенных месторождений рудных полезных ископаемых // Горный Информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 8. с. 49-55.

УДК 622.817.4:622.272

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА

Никитина А.М., Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: nik.am_78@mail.ru*

Предлагается использовать способ направленного бурения скважин к условиям отработки высокогазоносных угольных пластов для шахт юга Кузбасса, предусматривающий на первой стадии заблаговременную дегазацию пласта скважинами с поверхности с гидрорасчленением пласта в различных вариантах. Предлагается использование гидрорасчленения пласта для направленного трещинообразования в качестве меры повышения площади газоотдачи при дегазации.

Ключевые слова: дегазация, газовыделение, бурение скважин, направленное бурение, гидрорасчленение, метаноносный угольный пласт, скважина.

Разработка свиты угольных пластов зачастую осуществляется в условиях высокой газоносности и повышенного давления газа. В течение