

Minex Russia 2021 – Masterclass

План Управления Состоянием Массива
(ПУСМ/GCMP) на карьерах применительно
к российской практике

Presenter: Виктор Спирин, Ведущий консультант по геомеханике – SRK Consulting (RU) Limited

Location: Tolstoy Hall, Moscow (5th October 2021)



1. Общие сведения и актуальность внедрения GСMP
2. Геомеханическая информация по месторождению
3. Оценка геомеханических рисков
4. Организация мониторинга
5. План реагирования на превышение критериев безопасности TARP
6. Мероприятия по управлению устойчивостью
7. Система риск-менеджмента на предприятии

План Управления Состоянием Массива (ПУСМ / GСMP) – документ, который создаётся на основе данных, полученных за годы изучения и эксплуатации месторождения, направлен на решение задач по безопасному производству работ, предотвращения аварийных ситуаций, эффективных способов отработки путем придания оптимальных параметров бортам и уступам карьеров.

Актуальность внедрения GСMP

От полноты и надежности используемых при проектировании сведений о геомеханическом состоянии горного массива во многом зависят безопасность и эффективность работы горного предприятия.

Геомеханические риски нарушения устойчивости откосов обусловлены неопределенностями, связанными с:

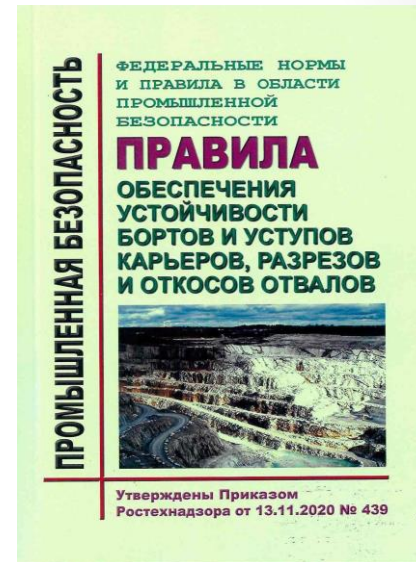
- Неоднородностью данных
- Недоизученностью данных
- Допущениями в анализах

Цель GСMP – внедрить систему геомеханического обеспечения и управления рисками в условиях имеющихся неопределенной для безопасной и эффективной эксплуатации месторождения.

Вопросы управления рисками в российских нормативных документах

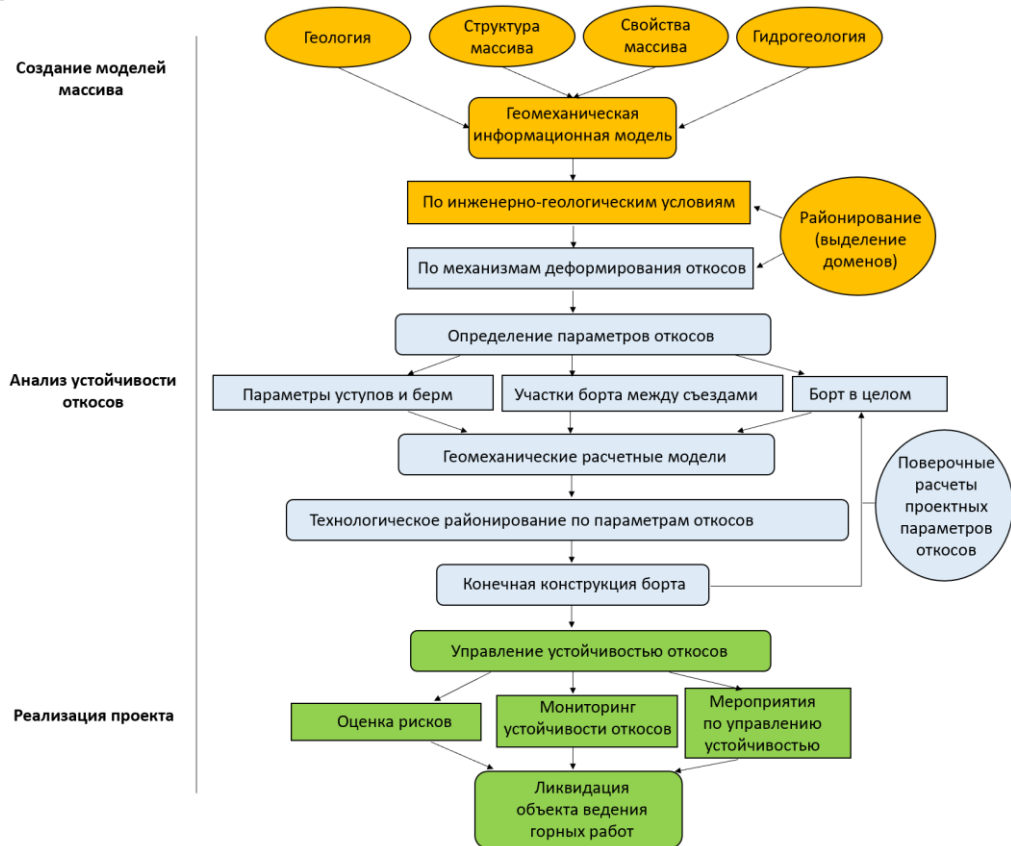
ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТКОСОВ ОТВАЛОВ», 2020 г.

- Стандартизированные подходы - являются обязательными требованиями для государственной экспертизы
- Предусмотрены специальные требования для объектов II класса опасности по сбору данных, анализу, мониторингу и оценке рисков с выработкой мероприятий по их снижению. Для объектов II класса опасности необходимо создание специальных групп по мониторингу в структуре предприятия.
- Создание GСMP не является требованием ФНП, 2020г., так как документ должен гибко адаптироваться к особенностям отработки месторождения, предназначен для внутреннего использования и обновляться в установленный период.



Содержание ПУСМ

- обобщенная геомеханическая информация по месторождению (геологическое строение, сводные данные о физико-механических свойствах, параметрах трещиноватости, краткая гидрогеологическая характеристика, обоснованные параметры бортов и уступов);
- реестр рисков и используемые методы снижения риска;
- сведения об организации мониторинга на месторождении (схема наблюдательной станций, описание принятой методики наблюдений);
- меры оперативного реагирования на превышение критериев безопасности (TARP);
- сведения о геомеханической службе на месторождении (общие сведения, должностные обязанности, обучение и повышение квалификации);
- функции персонала и области ответственности, система риск-менеджмента на предприятии;
- документирование, передача информации, контроль документооборота;
- сведения о проводимых геомеханических аудитах, выводы и рекомендации сторонних экспертов.



Структура геомеханического обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров

2. Геомеханическая информация по месторождению



картирование трещиноватости



описание кернa скважин

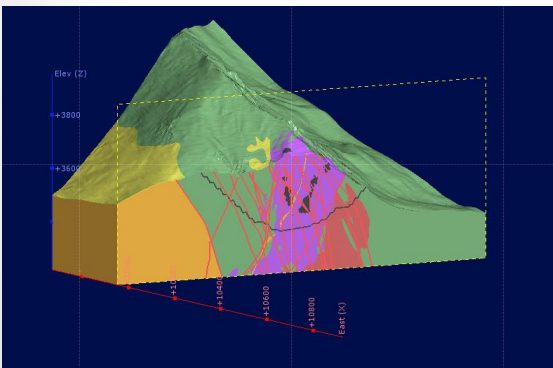


лабораторные испытания



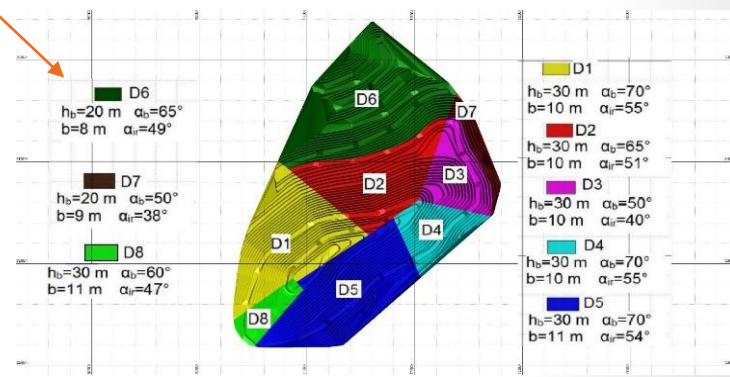
сведения о произошедших деформациях

ГСМР обобщает всю имеющуюся геомеханическую информацию



трехмерные геомеханические модели месторождения

Раздел	Расположение информации
Поверхностное картирование	[Ссылка]
Геомеханическое документирование кернa	[Ссылка]
Фотографии кернa	[Ссылка]
Физико-механические свойства	[Ссылка]
Реестр деформаций	[Ссылка]
Обратные расчеты	[Ссылка]
Расчеты по оценке устойчивости уступов и бортов карьера	[Ссылка]
Другие геомеханические отчеты	[Ссылка]



рекомендации по проектным параметрам

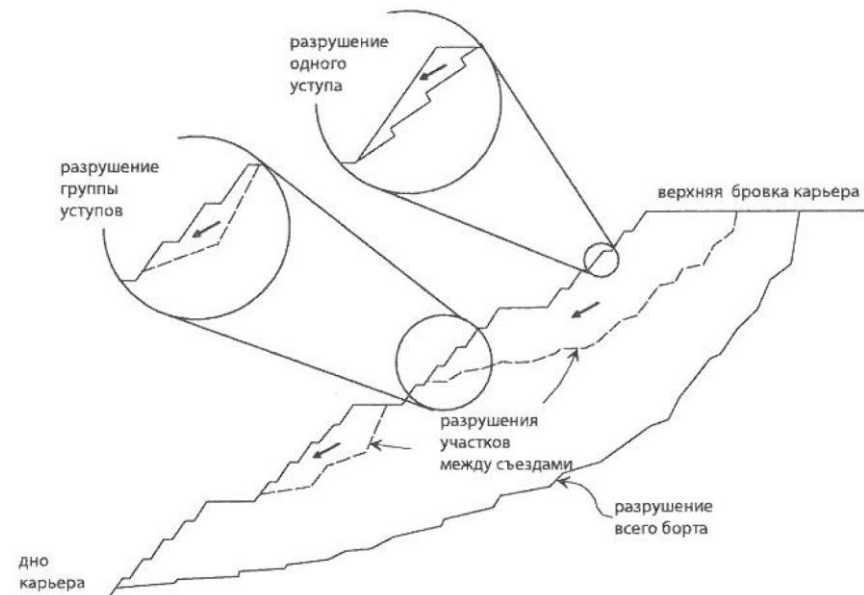
Выявление рисков

Три уровня риска обрушения горной массы:

1. Отдельные уступы и камнепад
2. Группа уступов между съездами
3. Борт в целом

К опасным факторам, которые приводят к возникновению рисков относят:

- инженерно-геологические (структуры различных рангов, слоистость, сланцеватость, слабые или дезинтегрированные породы и др.);
- гидрогеологические (обводнение горных пород, поровое давление, снижение прочности пород при размокании и др.);
- природные, связанные с географическими и климатическими особенностями (таликовые зоны в мерзлотных породах, сейсмичность территории и др.);
- техногенные (нагрузки от горнотранспортного оборудования, сейсмическое воздействие взрывов и др.).



Результатом выявления рисков являются:

- перечень (реестр) всех возможных рисков, характерных для условий месторождения с описанием опасных факторов;
- локализация перечисленных рисков (карта рисков).

3. Оценка геомеханических рисков

Матрица рисков		Последствия					
		Незначительные	Низкие	Средние	Высокие	Чрезвычайные	
Вероятность риска		1	2	3	4	5	
Качественная	Количественная						
A	Очень высокая – Событие происходит постоянно с высокой степенью определенности. Произойдет с очень высокой степенью определенности.	>40%	Средний	Высокий	Высокий	Очень высокий	Очень высокий
B	Высокая – Событие происходит часто с высокой степенью определенности. Произойдет с высокой степенью определенности	20÷40%	Низкий	Средний	Высокий	Высокий	Очень высокий
C	Средняя – Событие может произойти. Произошло ранее.	10÷20%	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
D	Низкая – Маловероятное событие. Может произойти в определенный момент.	1÷10%	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
E	Очень низкая – Разумная уверенность, что событие не произойдет. Может произойти в исключительных обстоятельствах.	<1%	Очень низкий	Низкий	Средний	Средний	Высокий

Методы оценки рисков:

- Метод проверочного листа и «Что будет, если..?»
- Матрица рисков
- Галстук бабочка
- Анализ дерева событий
- Методы количественного анализа риска

Основные этапы оценки риска по матрице рисков:

- определение вероятностей или частоты возникновения нежелательных событий;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- определение уровня риска

Вероятность × Последствия = Уровень риска

Меры реагирования в соответствии с уровнем риска

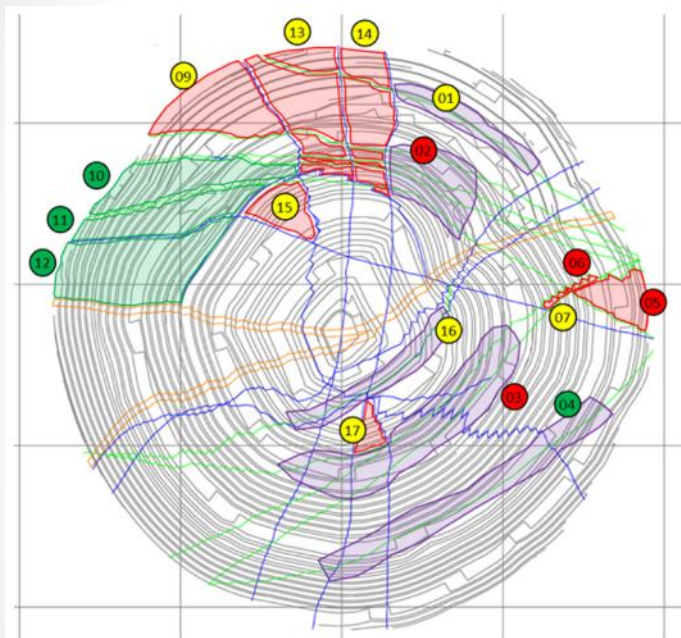
Уровень риска	Меры реагирования	Мероприятия	Примечание
Очень высокий (аварийное состояние)	Немедленная остановка работ на данном участке, вывод людей	Определение границ опасной зоны и запрет нахождения людей Проведение дополнительных исследований и разработка оперативных мероприятий по снижению риска до приемлемого уровня	Возобновление работ с уведомлением территориального органа государственного горного надзора
Высокий, (предаварийное состояние)	Приостановка работ на данном участке, вывод людей и техники	Определение границ опасной зоны Проведение анализа ситуации и разработка оперативных мероприятий по снижению риска до приемлемого уровня	Возобновление работ по решению технического руководителя эксплуатирующей организации на основании мониторинга ситуации
Средний (состояние ограниченной работоспособности)	Комиссионное решение о необходимости приостановки работ	Проведение анализа ситуации и разработка долгосрочных мероприятий Необходима организация инструментального мониторинга	Контроль выполнения мероприятий
Низкий и весьма низкий (работоспособное состояние)	Допустимый риск, должен находиться под контролем, но не требует дополнительных мероприятий по его снижению.	Мероприятий не требуется	-

- **Очень высокий риск – немедленная эвакуация**
- **Высокий – локальная остановка работ и краткосрочные мероприятия для уменьшения риска**
- **Средний - долгосрочные мероприятия для уменьшения риска**
- **Низкий & Очень низкий – риск находится под контролем**

Пример реестра рисков

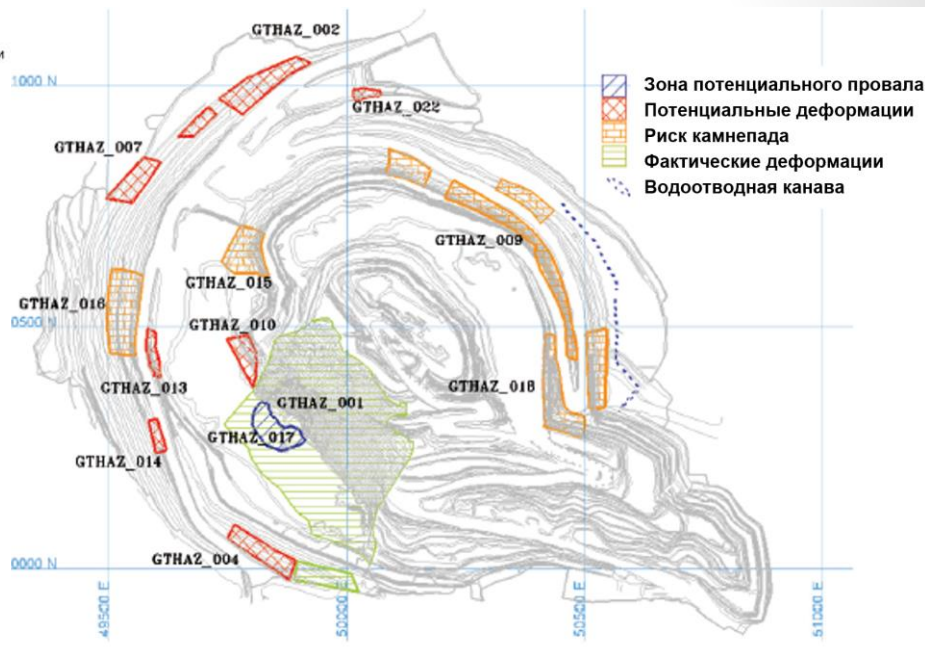
Риск	Опасные факторы, приводящие к возникновению риска	Категория риска (по матрице рисков)	Планируемые меры по уменьшению риска	Категория риска после внедрения мер	Примечание
Макроблоки потенциального обрушения групп уступов	<ul style="list-style-type: none"> Разломы и их сочетания неблагоприятного залегания к откосу Недоизученность отдельных крупных структур 	C4 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> Выполнение программы геомеханического доизучения Детализация структурных моделей Анализ устойчивости макроблоков в проектных контурах карьеров Организация комплексного мониторинга 	D3 (Средний) - D2 (Низкий)	При выявлении потенциально опасных макроблоков может потребоваться локальная корректировка проекта.
Деформации уступов в южном борту	<ul style="list-style-type: none"> Слоистость, пересекающая откосы уступов Недоизученность залегания слоистости на проектном контуре В существующих проектах не учитывается в полной мере влияние слоистости на устойчивость 	B3 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> Выполнение программы геомеханического доизучения Обоснование оптимальных проектных параметров уступов Организация специальных методов взрывания при подходе к проектному контуру 	B2 (Средний) - B1 (Низкий)	При интенсификации вывалов, на рабочей площадке устанавливается опасная зона и работы производятся по специальным нарядам-допускам
Деформация отвала	<ul style="list-style-type: none"> Размещение отвала на слабом контакте в основании Наклонное основание 	C3 (Средний)	<ul style="list-style-type: none"> Визуальный и инструментальный мониторинг Технология отсыпки отвала, обеспечивающая уплотнение нижнего слоя (предотвал) 	C2 (Низкий)	При обнаружении на ярусах отвала трещин раскрытия и при смещении нижней бровки отвала, на рабочей площадке устанавливается опасная зона и работы производятся по специальным нарядам-допускам

Карта рисков



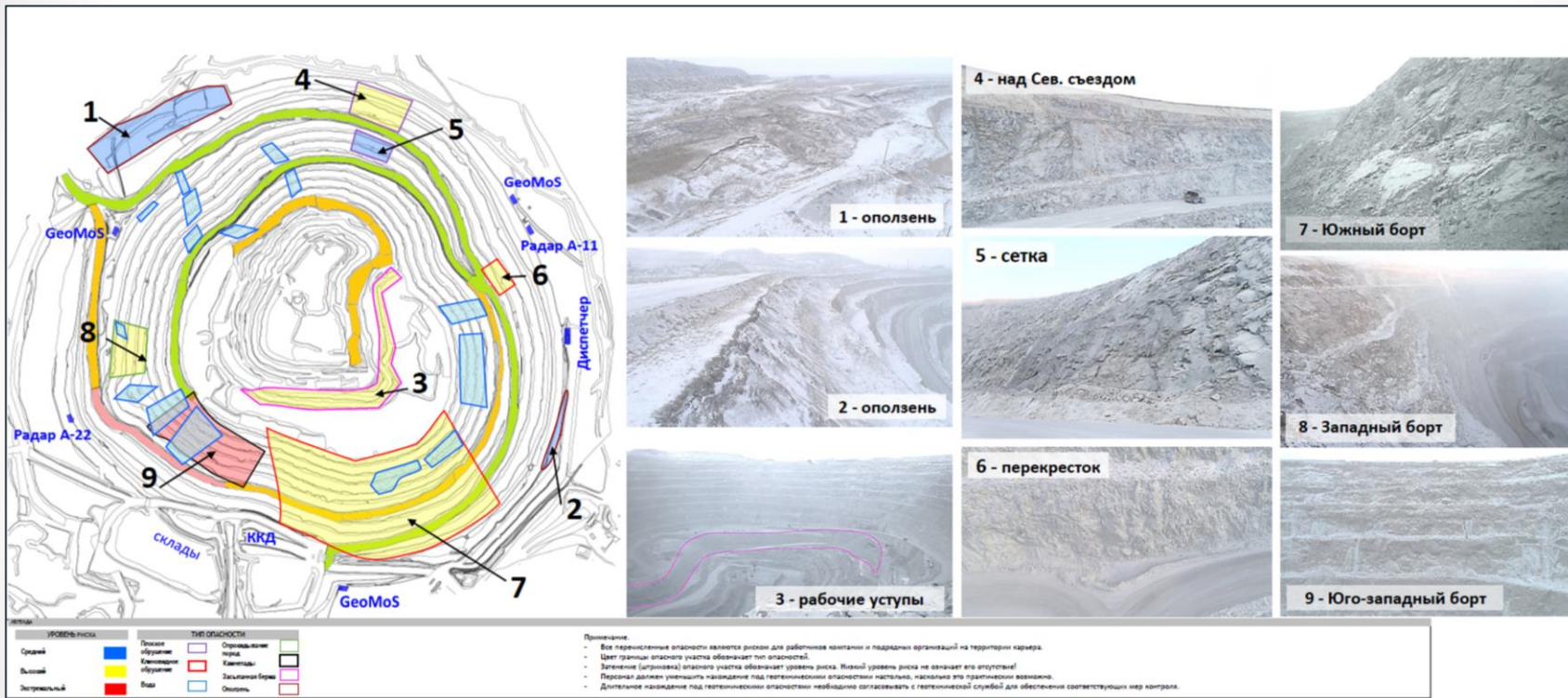
- Трапециевидные блоки
- Клиновидные блоки
- Блоки обратного падения
- Малый риск
- Средний риск
- Высокий риск
- Существующие неустойчивости

Пример карты рисков в проектном контуре карьера



Пример локализации рисков на действующем карьере

Карта рисков



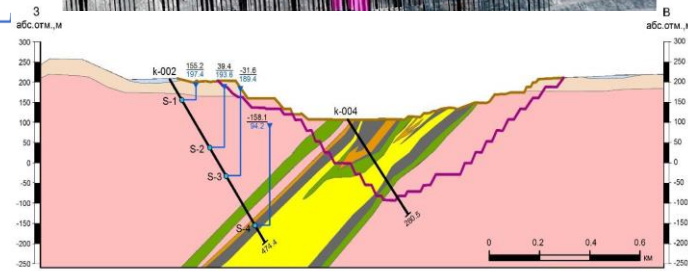
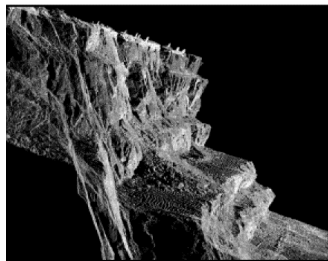
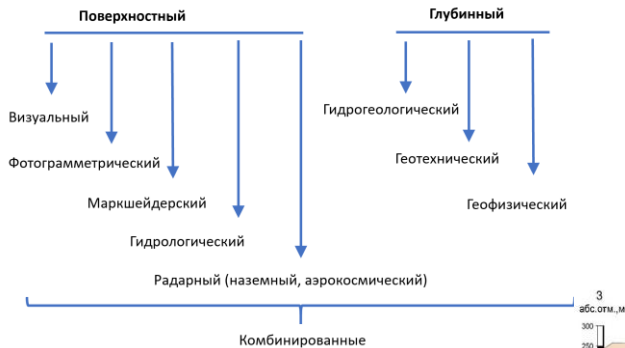
Пример карты рисков на действующем карьере.

Карта может быть вывешена в общедоступных местах для ознакомления всех сотрудников эксплуатирующей организации.

4. Организация мониторинга



МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА



Методы мониторинга в зависимости от размера деформаций и скорости разрушения

Размер деформации, м ³	Скорость разрушения*	Возможные последствия	Предпочтительный метод мониторинга	Предпочтительный метод реагирования
1÷10	Моментальная (камнепад)	Безопасность персонала и техники	Визуальный	Оборка заколов, перехват камнепада
10÷1000	Быстрая-стремительная	Безопасность персонала и техники	Визуальный Радарный	Перехват вывалов на предохранительной берме
1000÷100 000	Медленная-быстрая	Эксплуатационные показатели	Визуальный Маркшейдерский Радарный Глубинный	Крепление Изменение проектного контура откоса Восстановительные работы
100 000 ÷ 1000 000	Медленная-средняя	Эксплуатационные и финансовые показатели	Маркшейдерский Радарный Глубинный	Крепление Изменение проектного контура откоса Повторная вскрыша (разноска борта) Восстановительные работы
больше 1000 000	Медленная-средняя	Форс- мажор	Маркшейдерский Глубинный Радарный	Модификация откоса (перепроектирование) Восстановительные работы

* Скорость разрушения:

- стремительная – секунды-минуты;
- быстрая – часы-минуты;
- средняя – дни-недели;
- медленная – недели-месяцы.

Эффективность систем мониторинга



Dr. Alan Bye, of the Sustainable Minerals Institute at the University of Queensland, Australia

Пример структуры уровней опасности и их описание

<p>Уровень 1 Внимание</p>	<p>Опасности адекватно контролируются, горные работы не останавливаются. Работник может устранить опасность самостоятельно на уровне горного мастера. Производится контроль за изменением ситуации, работы выполняются согласно наряд-задания</p>
<p>Уровень 2 Опасно</p>	<p>Опасность требует приостановки горных работ и приведение участка в безопасное состояние. Опасность исключается на уровне линейного ИТР и начальника участка. Работы в забое приостановлены. Участок приводится в безопасное состояние в соответствии с указаниями горного мастера и начальника участка. Работы возобновляются по указанию главного инженера/технического руководителя карьера после приведения забоя в безопасное состояние, при необходимости вносятся изменения в локальный проект</p>
<p>Уровень 3 СТОП</p>	<p>Все виды работ на опасном участке и смежных, расположенных в зоне влияния опасного, должны быть остановлены. Опасность исключается или ее негативное влияние сводится к минимуму при незамедлительном вмешательстве комиссии в составе главных специалистов карьера – главный инженер/технический руководитель карьера, главные геолог, маркшейдер, геомеханик и начальник участка. Персонал выведен из опасной зоны. Создана комиссия в составе главных специалистов рудника. Разработан и утвержден План мероприятий на уровне главного инженера/технического руководителя карьера. При необходимости внесены изменения в проектные решения. Работы возобновляются указанию главного инженера/технического руководителя карьера после выполнения плана-мероприятий и изменениям проектных решений</p>

Цель внедрения TARP (Trigger action response plan) - помочь персоналу наметить предварительно запланированный порядок мер контроля, подлежащих выполнению в случае возникновения уровня сигнализации или иницирующего действия.

Порядок реагирования персонала на геотехнические риски связан с существующей системой мониторинга деформационных процессов в карьере. Техническому персоналу важно назначить структуру уровней опасности о разных стадиях развития деформации или появления признаков геотехнических опасностей.

При ухудшении условий повышается уровень реагирования для тех лиц, которых необходимо уведомить и вовлечь в процесс принятия решений и последующих специальных мер.

Примеры уровней геомеханических опасностей для инструментального мониторинга

Сигнал тревоги	Характеристика смещений	Скорости смещений (автоматизированный мониторинг), мм/час	Скорости смещений (дискретный мониторинг), мм/сут	
			Слабые, пластичные породы	Прочные, хрупкие породы
Нормальный режим	Неактивные, регрессивные	<2	<5	<3
Уровень 1- ВНИМАНИЕ	Постоянные	2÷5	5÷10	3÷8
Уровень 2- ОПАСНО	Прогрессирующие	5÷10	10÷50	8÷20
Уровень 3- Стоп	Критические	>10	>50	>20

Разрушение в реальном массиве происходит при величинах:

- относительные величины деформаций – более 10 мм/м;
- общие смещения прибортового массива бортов карьеров глубиной более 100 м. достигают величин - до нескольких метров

Меры реагирования:

- При сигнале ВНИМАНИЕ группой по мониторингу устанавливается наличие трендов к росту скоростей смещений или получен ложный сигнал.
- При сигнале ОПАСНО могут приниматься такие меры, как установление причин роста скоростей, повышенное внимание к участку деформации, увеличение частоты мониторинга, оповещение персонала карьера.
- На последнем сигнале СТОП персонал и горная техника должны быть эвакуированы из опасной зоны.

5. План реагирования на превышение критериев безопасности TARP

Примеры уровней геомеханических опасностей для визуальной оценки

Трещины отрыва (заколы)



Уровень 1 – Внимание!

Трещины немногочисленные. Раскрытие до 5 см. Ширина раскрытия трещин без изменений с течением времени.

Уровень 2 – Опасно!

Раскрытие существующих трещин от 5 до 10 см, формирование новых трещин отрыва у верхней бровки/на откосе/у нижней бровки уступа за короткий период.

Уровень 3 – Стоп!

Резкое повышение ширины раскрытия (более 10 см), обрушение отдельных блоков пород у верхней бровки/на откосе/у нижней бровки уступа за короткий период. Угроза обрушения.

Работник карьера

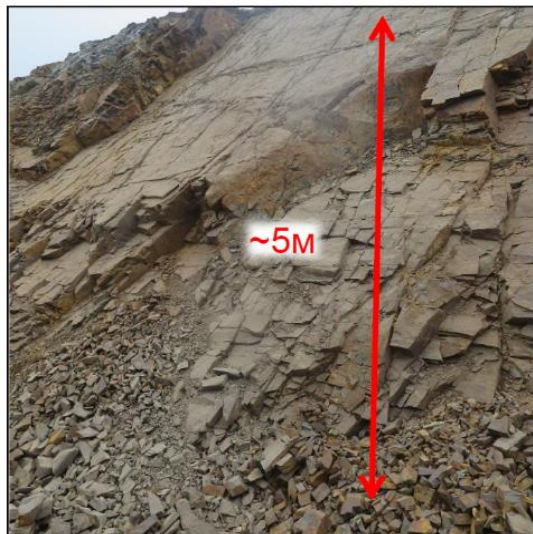
Выполнение работ согласно наряд-задания

Прекращает все работы и покидает опасный участок.
Оповещает горного мастера

5. План реагирования на превышение критериев безопасности TARP

Примеры уровней геомеханических опасностей для визуальной оценки

Повышение частоты осыпей



Уровень 1 – Внимание!

Редкие осыпи по уступу/участку борта (1-2 за смену). Высота уступа 5 метров и меньше.

Уровень 2 – Опасно!

Частые осыпи по уступу/участку борта (1-2 за час)

Уровень 3 – Стоп!

Частые осыпи по уступу/участку борта (1-2 за 30 мин)
Осыпания происходят и на соседних участках уступа/борта.

Работник карьера

Выполнение работ согласно наряд-задания

Прекращает все работы и покидает опасный участок.
Оповещает горного мастера

6. Мероприятия по управлению устойчивостью



оптимизация параметров буровзрывных работ вблизи предельного контура



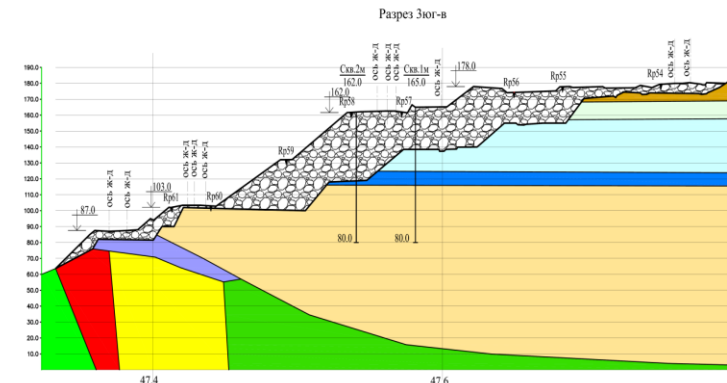
установка систем защиты от камнепада



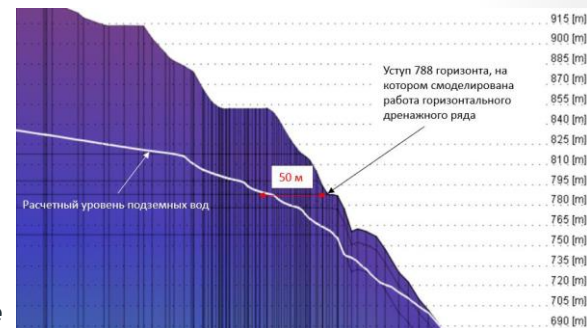
оборка заколов на уступах с применением специальной техники



автоматизированный мониторинг

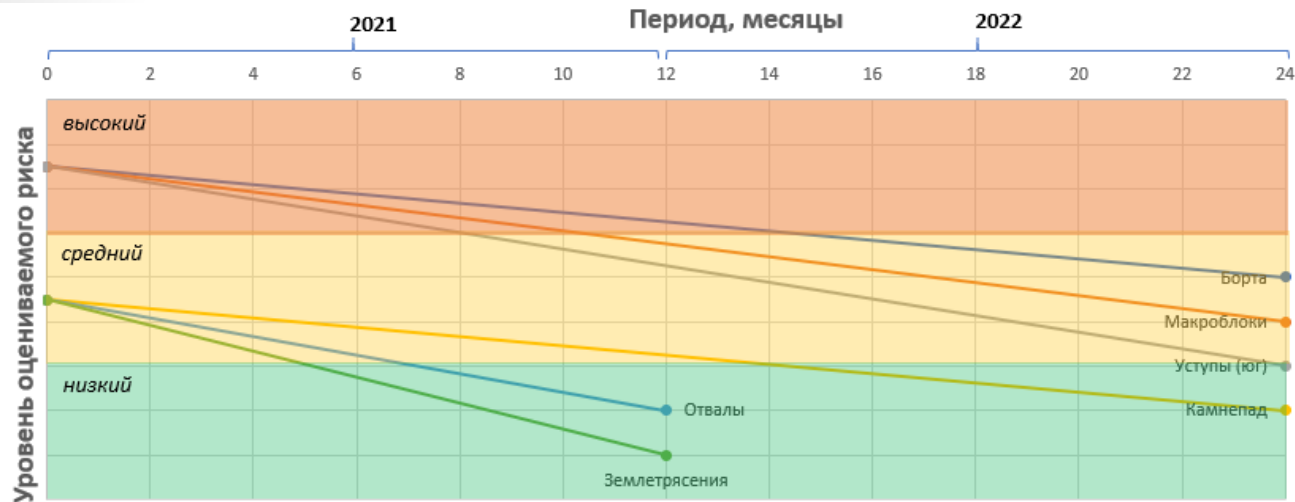


формирование призм упора, механическое удержание уступов или корректировка проектных параметров



организация горизонтального дренажа

План по снижению рисков при внедрении мероприятий



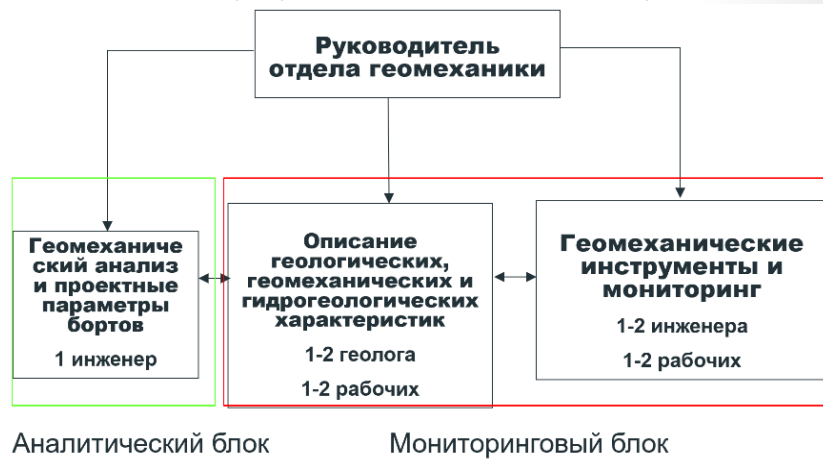
План мероприятий по снижению рисков разрабатывается для рисков с категорией Высокий и Средний:

- для Высоких необходимо составить план по снижению рисков в краткосрочной перспективе с приостановкой горных работ на данном участке, либо внедрить мероприятия до момента формирования данного откоса.
- для Средних необходимо составить план по снижению рисков в долгосрочной перспективе с организацией инструментального контроля за данными рисками.

Создание геомеханической службы для выполнения задач

- обследование карьера для оценки текущей геомеханической ситуации, соответствия проектных решений реальным горно-геологическим условиям;
- сбор геомеханических данных с поверхности откосов карьера и по керну скважин;
- анализ физико-механических свойств пород и параметры трещиноватости массива;
- систематизация собранных данных в базу данных по месторождению;
- расчеты устойчивости бортов и уступов карьера и отвалов;
- установление причин произошедших деформаций, анализ их общих закономерностей, прогноз и тенденции их дальнейшего развития;
- изучение источников опасных факторов, оценка рисков развития деформаций и разработка рекомендаций по управлению ими;
- организация наблюдений за устойчивостью бортов и уступов карьера, за сдвижением земной поверхности, сохранностью подрабатываемых объектов и сооружений;
- участие в планировании, проведении и оценке результатов опытно-промышленных работ по изменению параметров отработки, технологии добычи;
- оценка качества заоткосных работ и повреждения законтурного массива взрывными работами.

Пример структуры геомеханической службы



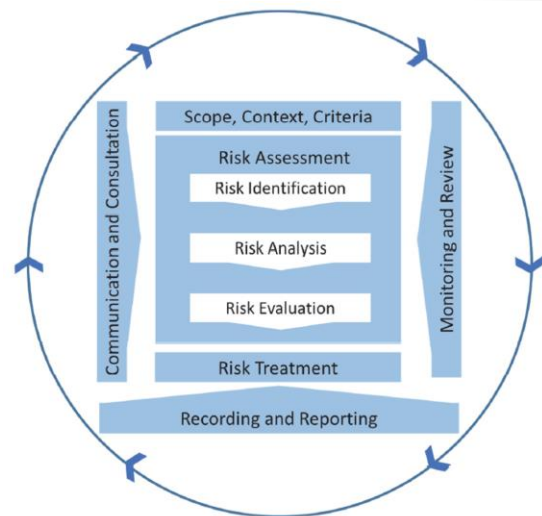
Весь персонал карьера вовлекается в систему риск-менеджмента

- **Технический руководитель.** Контроль разработки карьера в соответствии с проектом и соблюдением требований промышленной безопасности. Все опасные факторы, связанные с состоянием массива должны быть выявлены и контролироваться на допустимых уровнях риска...
- **Руководитель карьера.** Организация подготовки и повышения квалификации лиц, официально назначенных на ключевые должности в вопросах управления геомеханическими рисками...
- **Геомеханик.** Сбор, анализ и интерпретация геомеханических данных. Проведение оценки рисков. Выполнение периодических инспекций и контроль состояния прибортового массива. Осуществление разработки и контроль эффективности мероприятий по управлению устойчивостью...
- **Маркшейдер.** Своевременное оповещение руководителей соответствующих участков и служб при обнаружении нарушений и несоответствий проектных параметров конструкции борта. Разработка и выполнение мероприятий по инструментальному мониторингу деформаций...
- **Геолог.** Отображение всех основных контактов, разломов, типов пород, а также других свойств массива горных пород...
- **Гидрогеолог.** Мониторинг подземных и поверхностных вод...
- **Горные мастера.** Ознакомление подчиненного персонала со всеми опасными участками карьера. Обеспечение своевременной очистки уступов от нависающих козырьков, глыб крупных валунов, нависей из снега и льда. Принятие мер к устранению опасности...
- **Специалисты промышленной безопасности.** Проведение обучения всего персонала безопасным методам ведения работ...
- **Прочий персонал / рабочие.** Соблюдение безопасного порядка ведения работ. Осмотр состояния массива перед началом и в процессе выполнения работ....

Корпоративная политика по обеспечению GСMP

- Информация о состоянии горного массива вывешивается на информационном стенде и электронных дисплеях для ознакомления рабочего персонала с возможными имеющимися геомеханическими рисками.
- Проводятся совещания между геомеханической службой и техническим персоналом карьера по вопросам управления состоянием горного массива. На совещаниях предоставляются геомеханические отчеты с их обсуждением и принятием технических и организационных решений. По итогам совещаний составляется протокол, в котором указываются необходимые мероприятия со сроками исполнения и ответственными лицами.
- В GСMP устанавливается документооборот и предоставляемая информация между службами карьера в области геомеханического обеспечения.
- Специалисты геомеханической службы проводят периодические занятия / инструктажи с работниками карьера по вопросам геомеханики и при этом сами проходят курсы повышения квалификации.
- Организовывается внешний аудит с привлечением сторонних экспертов, чтобы выявить или переоценить возможные риски и наметить пути улучшения GСMP.

Обеспечение GСMP – это динамичный процесс!



Risk-management process (after ISO 1818)



>1,400 Professionals, 45 offices, 20 countries, 6 continents

Если у Вас возникли вопросы по презентации,
пожалуйста, адресуйте их нам, написав на почту: info@srk.ru.com
с пометкой «МАЙНЕКС вопросы».
С удовольствием ответим Вам!

Нам так же было бы интересно получить обратную связь относительно нашей презентации,
её актуальности, других тем, которые были бы Вам интересны в будущем,
по почте: info@srk.ru.com с пометкой «Отзыв»

Copyright and Disclaimer

Copyright (and any other applicable intellectual property rights) in this document and any accompanying data or models which are created by SRK Consulting (Russia) Limited ("SRK") is reserved by SRK and is protected by international copyright and other laws. Copyright in any component parts of this document such as images is owned and reserved by the copyright owner so noted within this document.

The use of this document is strictly subject to terms licensed by SRK to the named recipient or recipients of this document or persons to whom SRK has agreed that it may be transferred to (the "Recipients"). Unless otherwise agreed by SRK, this does not grant rights to any third party. This document shall only be distributed to any third party in full as provided by SRK and may not be reproduced or circulated in the public domain (in whole or in part) or in any edited, abridged or otherwise amended form unless expressly agreed by SRK. Any other copyright owner's work may not be separated from this document, used or reproduced for any other purpose other than with this document in full as licensed by SRK. In the event that this document is disclosed or distributed to any third party, no such third party shall be entitled to place reliance upon any information, warranties or representations which may be contained within this document and the Recipients of this document shall indemnify SRK against all and any claims, losses and costs which may be incurred by SRK relating to such third parties.

SRK respects the general confidentiality of its potential clients' confidential information whether formally agreed with them or not and SRK therefore expects the contents of this document to be treated as confidential by the Recipients. The Recipients may not release the technical and pricing information contained in this document or any other documents submitted by SRK to the Recipients, or otherwise make it or them available to any third party without the express written consent of SRK.

© SRK Consulting (Russia) Limited 2020
2020

version: January