

Minex Russia 2021 – Masterclass

План Управления Состоянием Массива Case Study: Underground Mining

Presenter: Александр Макаров, главный консультант
по геомеханике SRK Consulting (RU) Limited

Location: Moscow, 5th October 2021



1	Назначение и область применения.....	9
2	Основные термины и определения	9
3	Основные положения	12
4	Пересмотр Плана Управления состоянием горного массива	14
5	Роли и ответственности в управлении состоянием горного массива	16
6	Взаимодействие с государственными органами в области управления состоянием горного массива	23
7	Общие сведения о руднике	26
8	Краткие горно-геологические условия месторождения.....	28
9	Геомеханические условия месторождения	37
10	Управление катастрофической опасностью «Обрушение горной массы»	57
11	Самостоятельная оценка по ПСО №5	60
12	Модели	61
13	Проектирование	61
14	Планирование горных работ.....	68
15	Крепление горных выработок.....	82
16	Проектирование камер и целиков	90
17	Управление пустотами	92
18	Закладочные работы	112
19	Мониторинг сдвижения горного массива	113
20	Гидрогеологический мониторинг.....	119
21	Процессы обмена информацией с рабочим персоналом	126
22	Обучение, повышение квалификации персонала	135
23	Уроки, извлеченные из предыдущих случаев обрушения горной массы	140
24	Планируемые улучшения программы управления состоянием горного массива	159
25	Нормативные ссылки.....	161

Приложение А: Перечень требований Правил обеспечения промышленной безопасности .	163
Приложение Б: Оценка устойчивости геометрических параметров камер эмпирическим методом Мэттьюза-Потвина.....	171
Приложение В: Обоснование размеров междокамерных и междуэтажных целиков	180
Приложение Г: Оценка незакрепленных выработок «самоподдерживающиеся выработки»	185
Приложение Д: Матрица оценки рисков состояния выработок.....	192
Приложение Е: Методика оценки устойчивости приповерхностных целиков по Картеру ...	193
Приложение Ж: Методика оценки рисков для приповерхностных целиков	199
Приложение И: Методика оценки выхода обрушения на земную поверхность	201
Приложение К: Методика визуальной оценки степени коррозии анкерной крепи	202

1	Назначение и область применения.....	9	Приложение А: Перечень требований Правил обеспечения промышленной безопасности .	163
2	Основные термины и определения	9	Приложение Б: Оценка устойчивости геометрических параметров камер эмпирическим	
3	Основные положения	12	методом Мэтьюза-Потвина.....	171
4	Пересмотр Плана Управления состоянием горного.....	14	Приложение В: Обоснование размеров междукамерных и междуэтажных целиков	180
5	Роли и ответственности в управлении состоянием горн.....		Приложение Г: Оценка незакрепленных выработок «самоподдерживающиеся выработки»	185
6	Взаимодействие с государственными органами в области.....			
7	Общие сведения о руднике			
8	Краткие горно-геологические.....			
9	Геомеханические условия ме.....			
10	Управление катастрофическо.....			
11	Самостоятельная оценка по П.....			
12	Модели			
13	Проектирование			
14	Планирование горных работ.....			
15	Крепление горных выработок.....			
16	Проектирование камер и цели.....			
17	Управление пустотами			
18	Закладочные работы			
19	Мониторинг сдвижения горн.....			
20	Гидрогеологический монитор.....			
21	Процессы обмена информаци.....			
22	Обучение, повышение квалиф.....			
23	Уроки, извлеченные из предыд.....			
24	Планируемые улучшения програм.....			
25	Нормативные ссылки.....	161		

Настоящий Регламент предназначен для персонала, выполняющего работы, связанные с возникновением рисков получения травм и аварий в результате обрушения горных пород в подземных условиях и на поверхности. Определяет основные требования эффективного и безопасного ведения работ, с целью исключения или минимизации вероятности несчастных случаев, травматизма и аварий, связанных с обрушением горной массы. Назначение ПУСМ - обеспечить систематическое планирование и эффективное внедрение систем управления и контроля для безопасной и производительной работы рудника.

1	Назначение и область применения.....	9
2	Основные термины и определения	9
3	Основные положения	
4	Пересмотр Плана Управления состоянием горного массива	
5	Роли и ответственности в управлении состоянием горного массива	
6	Взаимодействие с государственными органами в области управления состоянием горного массива	
7	Общие сведения о руднике	
8	Краткие горно-геологические условия месторождения.....	
9	Геомеханические условия месторождения	
10	Управление катастрофической опасностью «Обрушение горной массы»	
11	Самостоятельная оценка по ПСО №5	
12	Модели	
13	Проектирование	
14	Планирование горных работ	
15	Крепление горных выработок.....	
16	Проектирование камер и целиков	
17	Управление пустотами	
18	Закладочные работы	
19	Мониторинг сдвижения горного массива	
20	Гидрогеологический мониторинг.....	
21	Процессы обмена информацией с рабочим персоналом	
22	Обучение, повышение квалификации персонала	
23	Уроки, извлеченные из предыдущих случаев обрушения горной массы	14
24	Планируемые улучшения программы управления состоянием горного массива	159
25	Нормативные ссылки.....	161

Директор комплекса должен убедиться, что:

- Весь персонал получает соответствующую подготовку и регулярное обучение по вопросам управления состоянием горного массива.
- Выделяется достаточно ресурсов для выполнения требований ПУСМ.
- Геотехнические аспекты будут адекватно приняты в отношении разработки и эксплуатации каждого рудника.

Главный инженер комплекса должен убедиться, что:

- Рудники разрабатываются в соответствии со всеми нормативными документами и законами.
- ПУСМ осуществляется полностью, и все его требования выполняются.
- Геотехнические аспекты будут адекватно приняты в отношении разработки и эксплуатации каждого рудника.
- Аудит и обеспечение качества выполнения программы ПУСМ осуществляются регулярно и документально.

Начальник геомеханического бюро комплекса должен обеспечить следующее:

- Сбор, анализ и интерпретацию необходимых геомеханических данных.
- Разработку и выполнение ПУСМ на рудниках комплекса.
- Учет всех вероятных факторов обрушения.
- Инспекцию всех значительных инцидентов, связанных с состоянием горного массива.
- Регулярное взаимодействие с техническими службами, геологическими, маркшейдерскими и проектными отделами.
- Ежемесячные отчеты руководству комплекса.
- Регулярное выполнение и документирование аудитов, обзорных проверок и программ обеспечения качества.

1	Назначение и область применения.....	9
2	Основные термины и определения	9
3	Основные положения	12
4	Пересмотр Плана Управления состоянием горного массива	14
5	Роли и ответственности в управлении состоянием горного массива	16
6	Взаимодействие с государственными органами в области управления состоянием горного массива	23
7	Общие сведения о руднике	26
8	Краткие горно-геологические условия месторождения.....	28
9	Геомеханические условия месторождения	37
10	Управление катастрофической опасностью «Обрушение горной массы»	5
11	Самостоятельная оценка по ПСО №5	
12	Модели	
13	Проектирование	
14	Планирование горных работ	
15	Крепление горных выработок.....	
16	Проектирование камер и целиков	
17	Управление пустотами	
18	Закладочные работы	
19	Мониторинг сдвижения горного массива	
20	Гидрогеологический мониторинг.....	
21	Процессы обмена информацией с рабочим персоналом	
22	Обучение, повышение квалификации персонала	
23	Уроки, извлеченные из предыдущих случаев обрушения горной массы	
24	Планируемые улучшения программы управления состоянием горного массива	
25	Нормативные ссылки.....	

Приложение А: Перечень требований Правил обеспечения промышленной безопасности ..	163
Приложение Б: Оценка устойчивости геометрических параметров камер эмпирическим методом Мэтьюза-Потвина.....	171
Приложение В: Обоснование размеров междукамерных и междуэтажных целиков	180
Приложение Г: Оценка незакрепленных выработок «самоподдерживающиеся выработки»	185
Приложение Д: Матрица оценки рисков состояния выработок.....	192
Приложение Е: Методика оценки устойчивости приповерхностных целиков по Картеру ...	193
Приложение Ж: Методика оценки рисков для приповерхностных целиков	199
Приложение И: Методика оценки выхода обрушения на земную поверхность	201

10.1 Оценка рисков по методу «Галстук-бабочка»

На руднике проведена оценка рисков по методу «Галстук-бабочка» по инструкции «Управление катастрофическими и смертельными опасностями в области безопасности труда» Определены значительные нежелательные события (ЗНС):

Обрушение горной массы в подземных горных выработках;

Воздушно-ударная волна;

Обрушение/разрушение целиков;

Обрушение горной массы с выходом на земную поверхность;

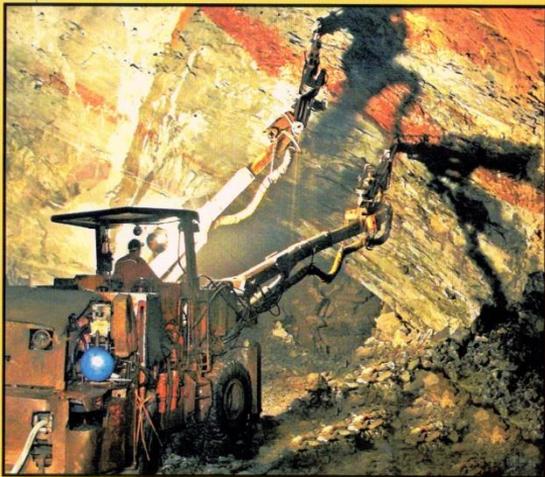
Обрушение/разрушение бортов карьера.

Управление риском падения горной массы



А.Б. Макаров

ПРАКТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕХАНИКА



Пособие для горных инженеров

... геомеханика возникает на границе, где кончается власть горняка, и начинают властвовать законы природы. Им невозможно противостоять. Это свыше наших возможностей. Законам природы, и горного давления в том числе, можно только подчиниться. Им необходимо следовать. Согласовывать с ними свои технологические решения.

Для этого надо понимать природу горного давления, его закономерности. Знать, каким образом можно достичь согласования технологии горных работ с законами природы. Только тогда мы будем управлять горным давлением.

- *отслоения, вывалы, обрушения в подготовительных и очистных выработках;*
- *деформации, повреждения и разрушения горных выработок и их крепи;*
- *интенсивное заколообразование, стреляния, микроудары, горные удары;*
- *прорывы воды и обводненной горной массы;*
- *разрушения поддерживающих целиков различного назначения;*
- *провалы потолочин у земной поверхности;*
- *обрушения налегающей толщи с воздушным ударом,*
- *сдвигание толщи горных пород и земной поверхности,*
- *оползни, обрушения уступов и бортов карьеров при их подработке.*

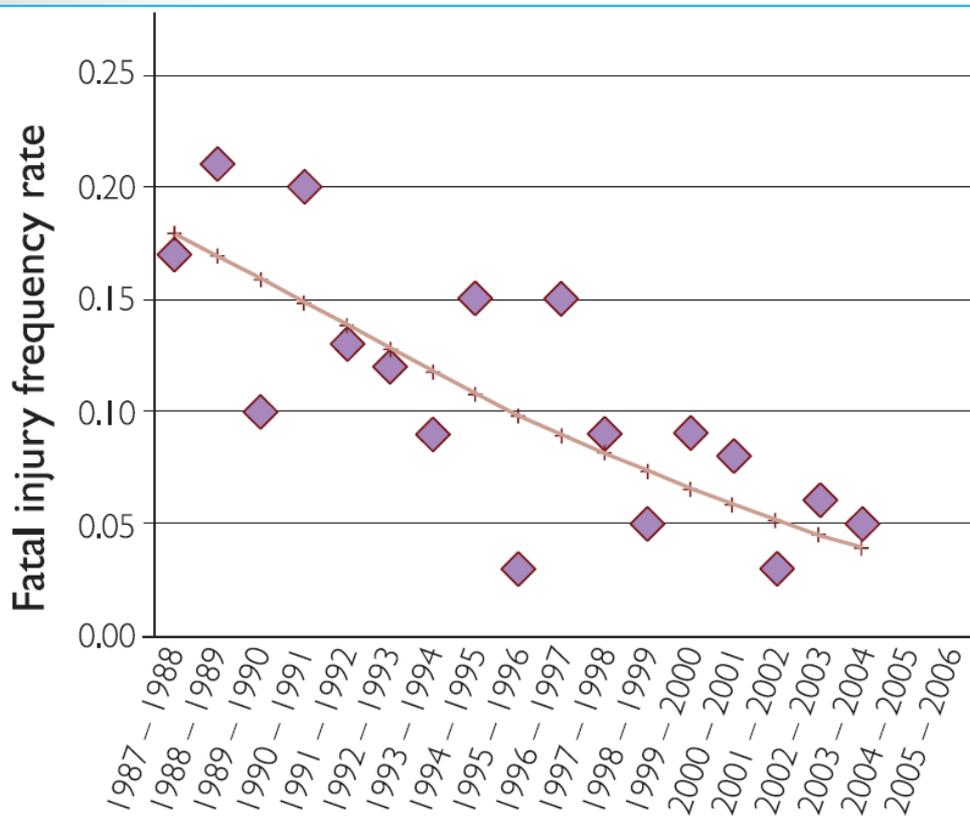
- *производственный травматизм от:*
 - *падения горной массы при отслоениях, вывалах, разрушении крепи;*
 - *стреляний и горных ударов;*
 - *ударной воздушной волны при массовом обрушении;*
- *потеря подземных горных выработок при разрушении крепи или затоплении, необходимость проходки новых обходных выработок;*
- *повреждения и разрушения горных выработок и объектов на земной поверхности при попадании их в зону сдвижения;*
- *потеря балансовых запасов руды при попадании их в зоны сдвижения;*
- *потери руды в поддерживающих и предохранительных целиках;*
- *разубоживание руды.*

Горная промышленность Австралии

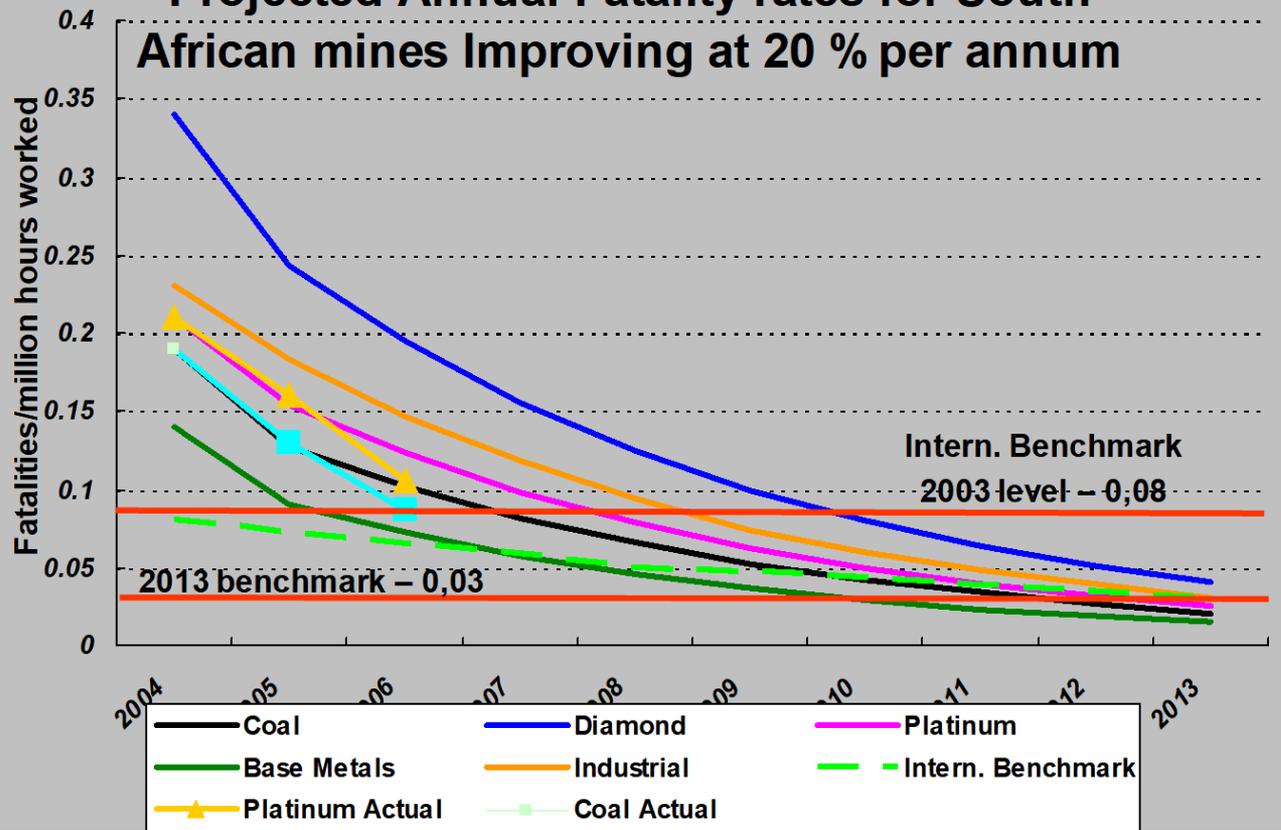
Частота смертельных НС в
расчете на 1 млн. отработанных
чел. часов

в СССР для характеристики уровня травматизма
использовался коэффициент частоты НС:

$K_{\text{ч}}$ = количество НС / 1000 отработанных чел. смен



Projected Annual Fatality rates for South African mines Improving at 20 % per annum



прогнозируемый годовой уровень смертности (количество НС на 1млн. отработанных чел. часов) на рудниках Южной Африки

международный ориентир (критерий, эталон, референтный уровень) 2003 = 0,08

международный ориентир (критерий, эталон, референтный уровень) 2013 = 0,03

Допустимый риск на рудниках Австралии = 1×10^{-4}

(количество НС в течении года / среднесписочная численность в этом году)

Пример: рудники Западной Австралии

Общая численность работающих = 22000 чел.;

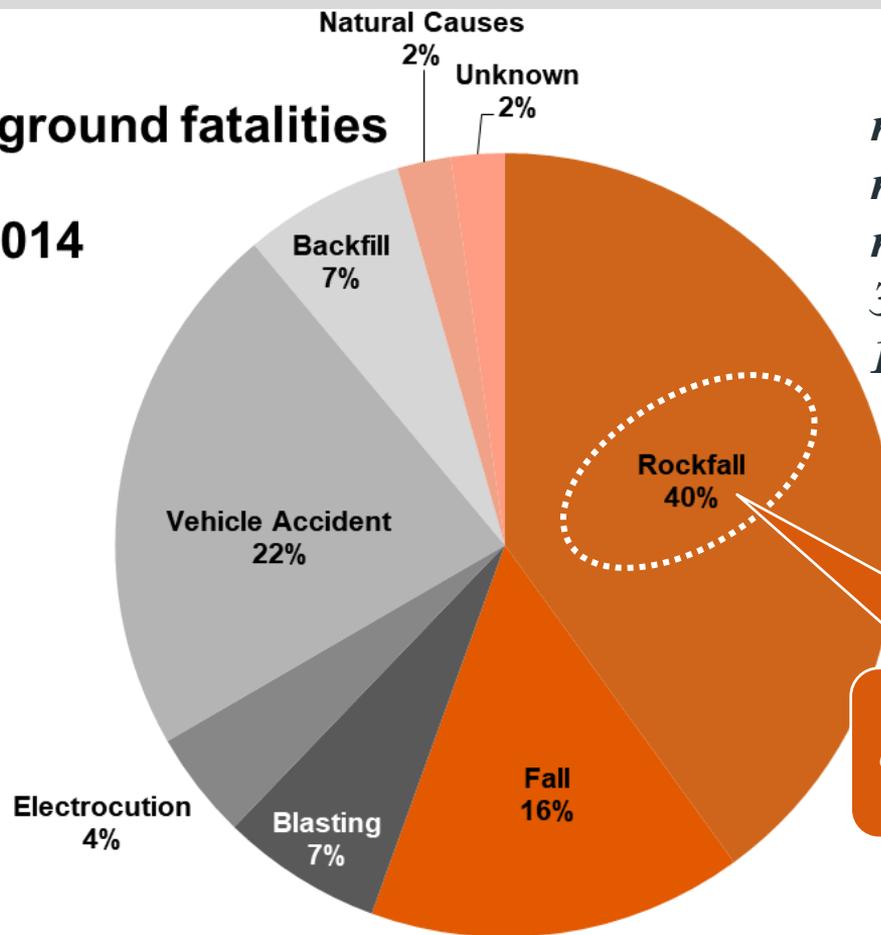
в т.ч. на подземных работах = 15000 чел.

Количество смертельных НС = 1.

Риск смертельного случая: $1:22000 = 0,45 \times 10^{-4}$

$1:15000 = 0,67 \times 10^{-4}$

Causes of underground fatalities in WA mining between 1992 - 2014



причины смертельного травматизма на подземных рудниках Западной Австралии 1992-2014 г.г.

падение горной массы – самый опасный источник травматизма

- ✓ **Падение заколов** на площади первые кв.м с кровли, бортов и забоев подготовительных и очистных выработок. Устранение данного риска возложено на технологические процессы оборки кровли от заколов и крепления горных выработок в соответствии с категорией их устойчивости.
- ✓ **Отслоения кровли** на площади сотни кв.м после подработки или разрушения горным давлением отдельных целиков. Управление данным риском осуществляется расчетом целиков при проектировании, соблюдением их проектных размеров, постоянными обследованиями трасс движений и их переносами в необходимых случаях.
- ✓ **Обрушения пород** на площади тысячи кв.м в камерах, блоках, панелях. При обрушении налегающей толщи возможно повреждение вышележащих выработок, залежей, объектов на поверхности. Данный риск минимизируется заблаговременным выявлением неустойчивых участков силами геомеханической службы, принятием мер по ограждению опасной площади, переносами или временными исключениями объектов из эксплуатации путем переключения на резервные. Повреждения объектов в зоне сдвижения часто устраняются послеосадочным ремонтом после завершения активной стадии сдвижения.
- ✓ **Площадные обрушения налегающей толщи до поверхности** на площади сотни тысяч кв.м с воздушным ударом в шахте и техногенным землетрясением. Воздушная волна, возникающая в горных выработках при площадном обрушении, имеет радиус травмирующего воздействия на персонал в сотни метров за пределы зоны обрушения. Риск травмирования людей воздушной волной заблаговременно устраняется мероприятиями по локализации неустойчивых участков путем изоляции их от используемых горных выработок перемычками, породной засыпкой т.д.

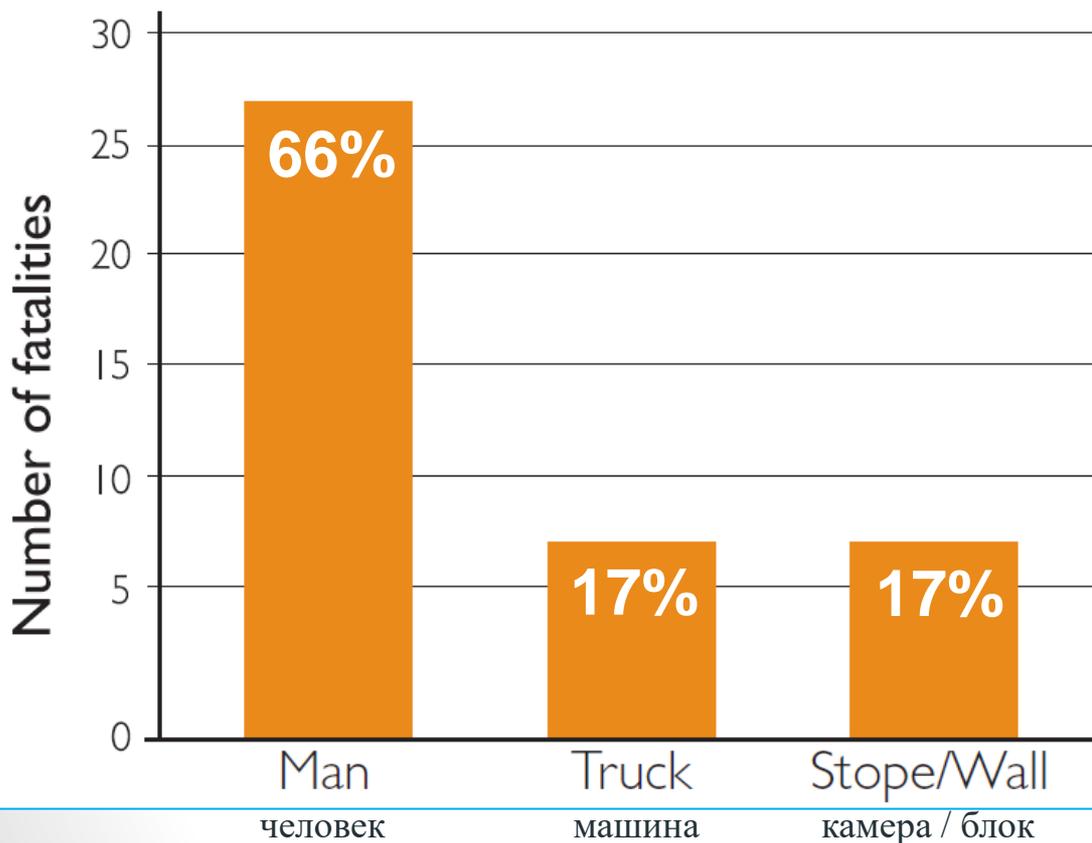
- ✓ **Падение заколов** на площади первичных кровли, бортов и забоев подг. Устранение данного риска в горных выработках в соответствии с технологические проекты об х устойчивост
- ✓ **Отслоения кровли** на площа целиков. Управление данным проектных размеров, постоянн сле подр ляется проектировании, соблюдением их ими
- ✓ **Обрушения пород** на площа камерах, боток, за ем неусто ади, пере е. Повреж гивной ста
- ✓ **Площадные обрушения** в шахте и техногенным зем для волн обрушении, имеет радиус тра. Риск травмирования людей воз, ой заблагов неустойчивых участков путем изоля. от используем т.д.

увеличение масштаба событий

увеличение частоты событий

малый масштаб с высокой частотой

крупный масштаб с низкой частотой



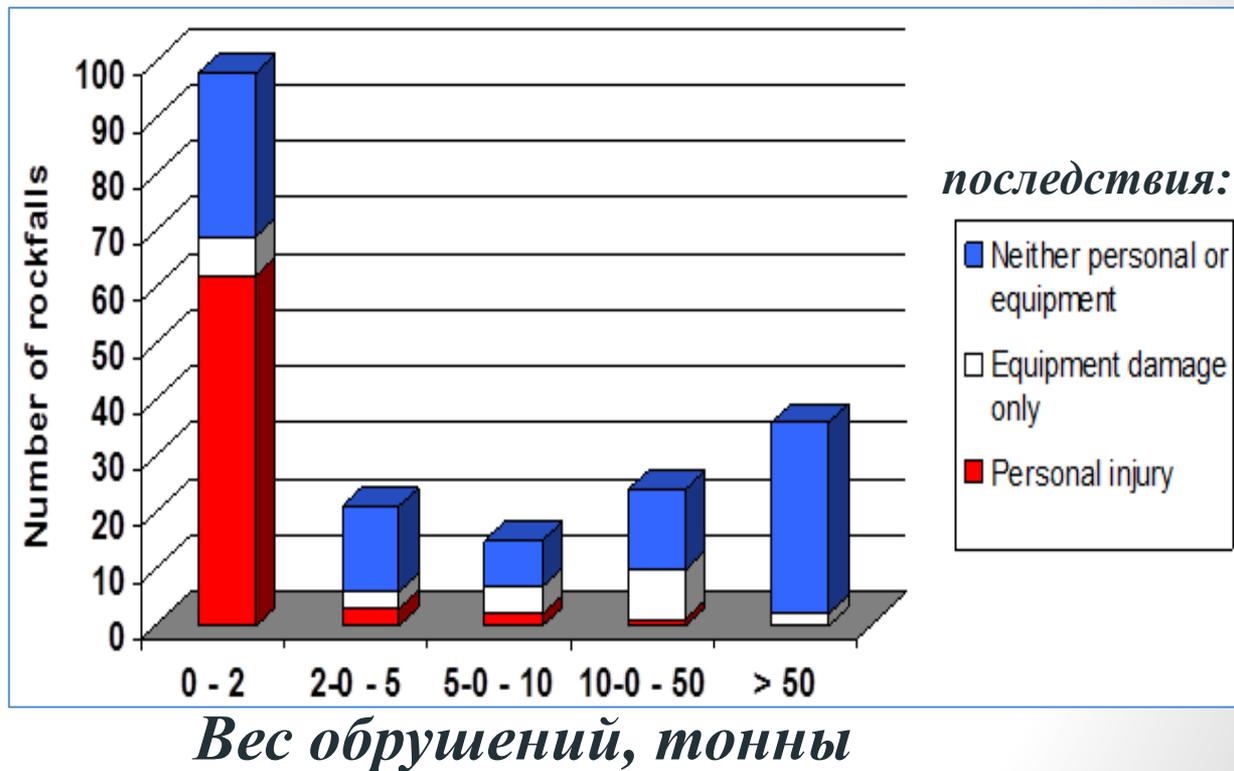
масштаб обрушений

Распределение количества смертельных НС от масштаба обрушений на рудниках Австралии в 1997÷2006 г.г.

В горной промышленности Австралии за 10 лет:

91% всех НС от падения горной массы произошли при обрушениях заколов весом до 2 т не далее 10 м от забоя

Вес и последствия обрушений в 1993÷2003 г.г.



✓ **Падение заколов** на площади первые кв.м с кровли, бортов и забоев подготовительных и очистных выработок. Устранение данного риска возложено на технологические процессы оборки кровли от заколов и крепления горных выработок в соответствии с категорией их устойчивости.

✓ **Отслоения кровли** на площади сотни кв.м при подрботки или разрушения горным давлением отдельных МКЦ. Управление данным риском осуществляется с расчетом размеров МКЦ при их проектировании, маркшейдерской разметкой, соблюдением проектных параметров и соосности, постоянными обследованиями трасс движений и их переносами в необходимых случаях.

✓ **Обрушения пород** на площади десятки кв.м налегающей толщи возможно повреждение. Риск обрушения минимизируется заблаговременным мониторингом и работой геомеханической службы....

около 40% всех травм – от падения заколов !!!

оборка заголов

*осмотр и простукивание кровли, бортов, забоя выработок
для обнаружения оставшихся заголов*

крепление кровли

мониторинг состояния крепи

ремонт или усиление крепи при необходимости

***РУКОВОДСТВО РУДНИКА** должно обеспечить:*

- поддержание в безопасном состоянии (обезопасивание) всех выработок, где перемещается персонал;
- обучение персонала безопасным методам оборки заколов;
- наличие инструментов, специального оборудования и СИЗ для оборки заколов;
- учет времени, необходимого для оборки заколов в масштабе всего рудника, в любом графике добычи и проходки.

РУКОВОДСТВО УЧАСТКОВ должно:

- вести оборку заколов на всех рабочих местах;
- поручать оборку заколов только обученному персоналу;
- по мере необходимости оказывать помощь своим работникам, чтобы они в ходе работы понимали состояние массива на их рабочих местах, и правильно / безопасно обирали заколы;
- составлять план оборки заколов и постоянно актуализировать его;
- информировать руководство и геомеханика рудника о случаях, когда при оборке заколов появляется опасность обрушения горной массы; она может стать основанием для проведения повторной оценки состояния массива или для изменений требований к крепи;
- выявлять опасные зоны, ограждать их с целью запретить доступ.

ИНСТРУКТОРЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ должны :

- обучать весь подземный персонал способам оценки состояния массива и выявления опасных факторов на всех рабочих местах;
- обучать персонал методам безопасной оборки заколов;
- обсуждать с геомеханиками изменения состояния массива, практику оборки заколов, материалы расследования аварий / инцидентов, связанных с падением горной массы;
- обновлять / пополнять учебные материалы для теоретического обучения персонала

ГОРНОРАБОЧИЕ должны :

- пройти обучение способам оценки состояния массива и **выявления опасных факторов** на своих рабочих местах;
- пройти обучение методам безопасной оборки заколов;
- регулярно проверять свое рабочее место на предмет наличия заколов и необходимости их оборки;
- вести оборку заколов безопасными методами;
- информировать своих руководителей, геомехаников в максимально короткие сроки о любых опасных состояниях массива, когда нельзя безопасно произвести оборку заколов, или требуется их «чрезмерная» оборка;
- оградить опасный участок, чтобы запретить на него доступ для всего персонала.

- появление новых трещин, их раскрытие;
- признаки высоких действующих напряжений: растрескивание, раскалывание, раздавливание породы на мелкие куски и их осыпание;
- предвестники горных ударов: трески, шелушение, интенсивное заколообразование, стрельание;
- сдвиг, смещение породы;
- наличие пересекающихся трещин, по которым может произойти клиновидный вывал;
- наличие протяженных пологих трещин;
- зоны слабых (низкой прочности, неустойчивых), раздробленных пород;
- признаки выветривания породы;
- водопроявления (намокание, капез, водоприток);

смотреть

- большие, существенные изменения профиля выработки / камеры по сравнению с предыдущим циклом проходки, этапом отбойки;
- чрезмерные повреждения массива от взрывания (перебор сечения);
- признаки смещения, сдвижения, сползания по трещинам, разломам;
- появление кусков «свежей» породы на почве, упавшей с кровли, бортов, забоя выработки;
- недавнее появление (или исчезновение) воды или влажных поверхностей;
- признаки нагружения крепи: сминание, деформации, вдавливание, разрывы опорных плиток анкеров, появление нависи раздавленной породы на сетке или других типах крепи, оголение анкеров, растрескивание и осыпание торкрета, деформации рамной металлической крепи;

смотреть

- щелчки, трески, глухие удары, гул в массиве;
- звуки падения горной массы вне зоны видимости;
- прохождение воздушной волны (как при взрыве).



Трудно услышать звуки / шумы в массиве при работающем оборудовании.

Периодически приостанавливай работу оборудования, чтобы послушать массив.

Трещины и разломы формируют плиты, клиновидные блоки, которые под действием собственного веса могут оказаться неустойчивыми после их обнажения и обрушиться. Это создает риск падения горной массы, обусловленный структурой массива (structurally controlled instability).

Очень важно распознавать следующие параметры систем трещин, по которым может произойти вывал:

- простираение и падение трещин;
- длина трещин;
- расстояние между трещинами;
- шероховатость трещин.



смотреть

Неустойчивость пород, контролируемая структурой массива, очень чувствительна к ориентировке и размерам выработок.

Промывка кровли, бортов и груди забоя водой в достаточном объеме и при соответствующем давлении может быстро удалить:

- пыль, которая могла осесть в трещинах, что облегчит их обнаружение;
- породную мелочь;
- замки свода, которые могут удерживать от обрушения блоки пород намного большего размера;
- заколы, края которых подхвачены последним рядом крепи;
- поврежденную взрывом крепь.

Промывка забоя дает более хороший результат при действии в массиве высоких напряжений, чем в слабо напряженном массиве. После промывки забоя доступ в него можно ограничить на какое-то время для стабилизации ситуации, чтобы свести к минимуму риски для персонала и оборудования

Прежде, чем приступать к оборке заколов, кровля, борта и грудь забоя должны быть тщательно **промыты водой**. Это облегчит осмотр поверхности массива.

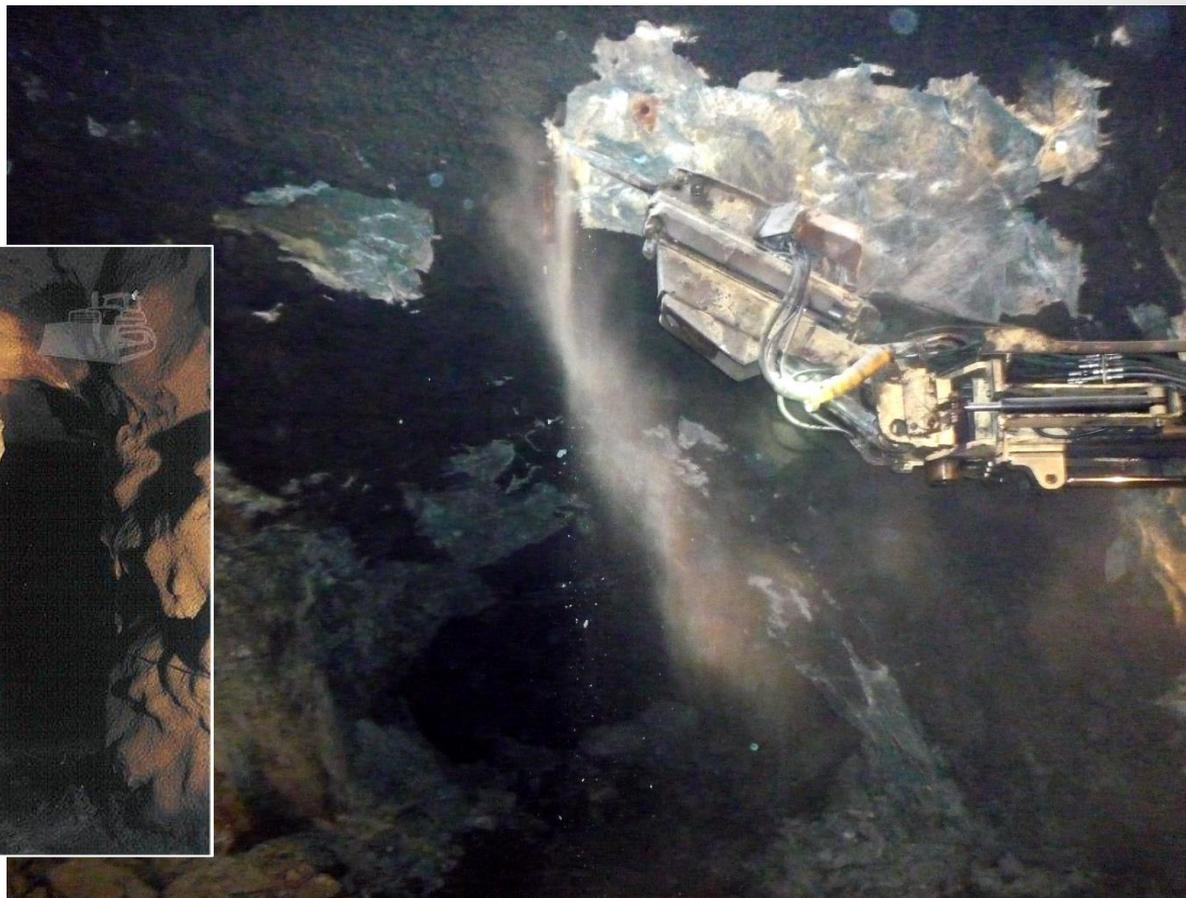
Забой должен быть **очень хорошо освещен**. Это позволит более четко выявлять потенциально нестабильные породы до и во время оборки заколов. Можно использовать фары самоходного оборудования.

Если невозможно обеспечить безопасность ручной оборки заколов или это невозможно произвести безопасным образом с применением самых длинных оборочных ломиков, необходимо применять альтернативные способы для оборки заколов. До тех пор, пока не будет проведена оборка забоя альтернативными методами, он должен быть огорожен с целью предотвращения доступа.

Uniscaler (Tamrock)



Scamec (Normet)





*Оборщик кровли
навесной
телескопический
ОКНТ
«Корепан»
(по принципу
медвежьей лапы)*

*высота оборки – до 11,5 м;
усилие оборки – до 6 т*





Для оборки заколов в выработках





*следы работы
«Корепана» на
кровле штрека*





resourceful



experienced



worldwide

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 (UK) 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 (UK) Limited 2021

version: January 2021