

Нормативные документы в сфере деятельности  
Федеральной службы по экологическому,  
технологическому и атомному надзору

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ  
РИСКОВ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ,  
МОНИТОРИНГУ И УПРАВЛЕНИЮ  
УСТОЙЧИВОСТЬЮ БОРТОВ И УСТУПОВ,  
КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТКОСОВ ОТВАЛОВ**



2022

**Методические указания по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и откосов отвалов.** – М.: ИПКОН РАН, 2022. – 90 с.

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с действующими нормативными документами, содержат предложения и рекомендации по оценке и управлению рисками, организации мониторинга и выработке мероприятий по управлению устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов.

В методических указаниях приведены пояснения к Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов», утвержденным приказом Ростехнадзора N 439 от 13.11.2020, а также представлены рекомендации по их применению.

Подготовлено под научно-методическим руководством Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук. Рекомендовано Ростехнадзором (письмо №07-00-04/245 от 03.03.2022).

*В разработке методических указаний участвовали: Рьльникова М.В. (руководитель проекта, ИПКОН РАН), Алексеев А.Б., Есина Е.Н., Зотеев О.В., Ливинский И.С., Макаров А.Б., Павлович А.А., Панжун А.А., Перепелицын А.И., Спириун В.И., Трубецкой Н.К., Харитонов А.А., Яницкий Е.Б.*

ISBN 978-5-6041085-9-8

## Оглавление

Введение.....	4
<b>1. Общие положения, термины и определения .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Оценка и управление рисками .....</b>	<b>9</b>
2.1. Принципы оценки рисков .....	9
2.2. Идентификация рисков .....	11
2.3. Анализ выявленных рисков.....	11
2.4. Управление рисками .....	14
<b>3. Мониторинг устойчивости откосов .....</b>	<b>16</b>
3.1. Общие сведения по организации мониторинга .....	16
3.2. Визуальный и фотограмметрический мониторинг .....	21
3.3. Маркшейдерский мониторинг .....	21
3.4. Радарный мониторинг (наземный) .....	31
3.5. Радарный мониторинг (аэрокосмический).....	33
3.6. Геотехнический мониторинг .....	34
3.7. Гидрогеологический мониторинг .....	35
3.8. Критерии безопасности и система оповещения по результатам наблюдений.....	37
<b>4. Мероприятия по управлению устойчивостью.....</b>	<b>42</b>
4.1. Выбор мероприятий по управлению устойчивостью откосов .....	42
4.2. Создание камнеулавливающих сооружений.....	43
4.3. Механические способы и схемы укрепления откосов .....	44
4.4. Специальные способы буровзрывных работ при постановке уступов в предельное положение .....	48
4.5. Снижение влияния подземных и поверхностных вод на устойчивость бортов и уступов карьеров и разрезов .....	57
4.6. Обеспечение устойчивости при ликвидации карьеров и отвалов.....	61
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>64</b>
<b>5. Приложения .....</b>	<b>65</b>
Приложение А – Деформации откосов различных масштабов .....	65
Приложение Б – Реестр геомеханических рисков .....	70
Приложение В – Идентификация геомеханических рисков.....	72
Приложение Г – Карты геомеханических рисков .....	77
Приложение Д - Создание геомеханической службы.....	80
Приложение Е – Паспорт деформации.....	82
Приложение Ж – Примеры уровней геомеханических опасностей для визуальной оценки .....	85

## **Введение**

Настоящие Методические указания по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и откосов отвалов (далее Указания) разработаны в соответствии с действующими нормативными документами, содержат предложения и рекомендации по оценке и управлению рисками, организации мониторинга и выработке мероприятий по управлению устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов.

Целью оценки и управления рисками, организации мониторинга и выработки мероприятий по управлению устойчивостью является контроль надежности принятых проектных параметров при эксплуатации месторождения и создание безопасных условий отработки при возникновении признаков неустойчивости откосов.

В Указаниях приводятся пояснения к федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» (далее ФНП) и рекомендации по их применению.

## 1. Общие положения, термины и определения

### 1.1. Термины и определения

**Активная стадия развития деформаций откосов** – период с момента появления видимых признаков разрушения массива горных пород до начала стадии затухания деформаций.

**Анализ риска аварии** – процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии для отдельных лиц или групп людей, имущества или окружающей среды.

**Вектор смещения** – направленный отрезок, изображающий в некотором масштабе абсолютное смещение отдельной точки дневной поверхности или массива горных пород в пространстве на определенный момент времени. При обработке маркшейдерских измерений вектора смещений строятся на каждую серию наблюдений и характеризуют смещения реперов за период между наблюдениями.

**Вероятность обрушения (деформации)** – качественная или количественная оценка возможности обрушения (деформации) или показатель частоты его проявления.

**Закол** – приконтурная часть массива горных пород, отделенная трещиной, образовавшейся в результате деформаций откоса.

**Заоткоска уступа** – цикл технологических операций по постановке уступов в конечное положение для придания откосу уступа карьера, разреза заданного угла, обеспечивающего его длительную устойчивость.

**Критерии безопасности** – значения количественных и качественных показателей состояния сооружения (объекта) и условий его эксплуатации, соответствующие работоспособному и предаварийному состоянию сооружения (объекта).

**Критическая деформация** – деформация массива горных пород, способная привести к аварийному состоянию сооружения (объекта).

**Мониторинг** – комплексная система регламентированных периодических или непрерывных наблюдений для последующей оценки состояния объекта.

**Наблюдательная станция** – совокупность реперов, наблюдательных датчиков, мониторингового оборудования, заложенных по определенной схеме.

**Нарушение устойчивости борта (уступа, группы уступов)** – разрушение прибортового массива горных пород, захватившее борт (уступ и/или их группу) и проявляющееся в одном из видов деформаций.

**Обрушение** – отрыв и скоротечное смещение горных пород (блоков, пачек пород), слагающих откос, сопровождающегося дроблением смещающейся части массива.

**Опасная зона** – участок, в пределах которого требуется осуществлять дополнительные меры безопасности при эксплуатации.

**Оплывина (оплывание)** – перемещение поверхностных слоев дисперсных пород, находящихся в текучем состоянии в результате увлажнения и насыщения водой, или при оттаивании мерзлых, со склонов и откосов

**Оползень** – относительно медленное деформирование (смещение) прибортового массива карьера или откосов отвала под действием силы тяжести и/или дополнительных внешних факторов.

**Осыпь** – разрушение и смещение приповерхностной части откосов.

**Профильная линия наблюдательной станции** – линия, вдоль которой расположены реперы наблюдательной станции.

**Рабочая зона карьера, разреза** – совокупность находящихся в эксплуатации вскрышных и добычных уступов.

**Результаты измерений сдвижений и деформаций** – а) вертикальные сдвижения (оседания); б) горизонтальные сдвижения; в) горизонтальные и вертикальные деформации (сжатия, растяжения, наклоны); г) скорости сдвижений.

**Репер** – закрепленная в натуре (на дневной поверхности, в массиве горных пород или в горной выработке) маркшейдерская точка с известными координатами. Различают исходные, опорные и рабочие реперы. **Исходный репер** – репер или пункт геодезической сети, заложенный за пределами зоны сдвижения и служащий для передачи координат на опорные реперы станции. **Опорный репер** – репер, заложенный на участке наблюдательной станции, служащий исходным для наблюдений за рабочими реперами. **Рабочий репер** – репер, предназначенный для определения величин сдвижений земной поверхности, положение рабочего репера в пространстве определяется относительно опорных или исходных реперов.

**Режим управляемых деформаций** – технология отработки уступов или формирования отвалов, допускающая деформации заданных размеров.

**Риск** – сочетание вероятности обрушений бортов и уступов карьеров, разрезов, отвалов и тяжести их последствий.

**Скорость смещения точек массива** – величина смещения рабочих реперов маркшейдерской наблюдательной станции за определенный отрезок времени.

**Стадия затухания оползня** – период смещения оползневых масс с уменьшающейся скоростью смещений до фиксации подвижек, сопоставимых с погрешностью измерений.

**Специализированная организация** – юридическое лицо, имеющее опыт и квалифицированных специалистов в области решения поставленной задачи горного дела.

**Талик** – участок незамерзающей породы среди многолетней мерзлоты, распространяющийся вглубь от поверхности или от слоя сезонного промерзания.

**Управление рисками** – процесс выявления, анализа, определения степени рисков и выбора мероприятий реагирования.

**Управление устойчивостью откосов** – комплекс мероприятий, направленных на достижение такого состояния пород, при котором обеспечивается безопасное ведение горных работ.

**Ущерб от нарушения устойчивости откоса** – стоимость работ по ликвидации последствий нарушения устойчивости, либо удорожание работ, либо ухудшение качества полезного ископаемого.

**Фильтрационная деформация** – деформация массива горных пород, вызываемая воздействием подземных и поверхностных вод. Разделяют на оплывание, выпор, механическую суффозию и фильтрационный вынос вдоль трещин.

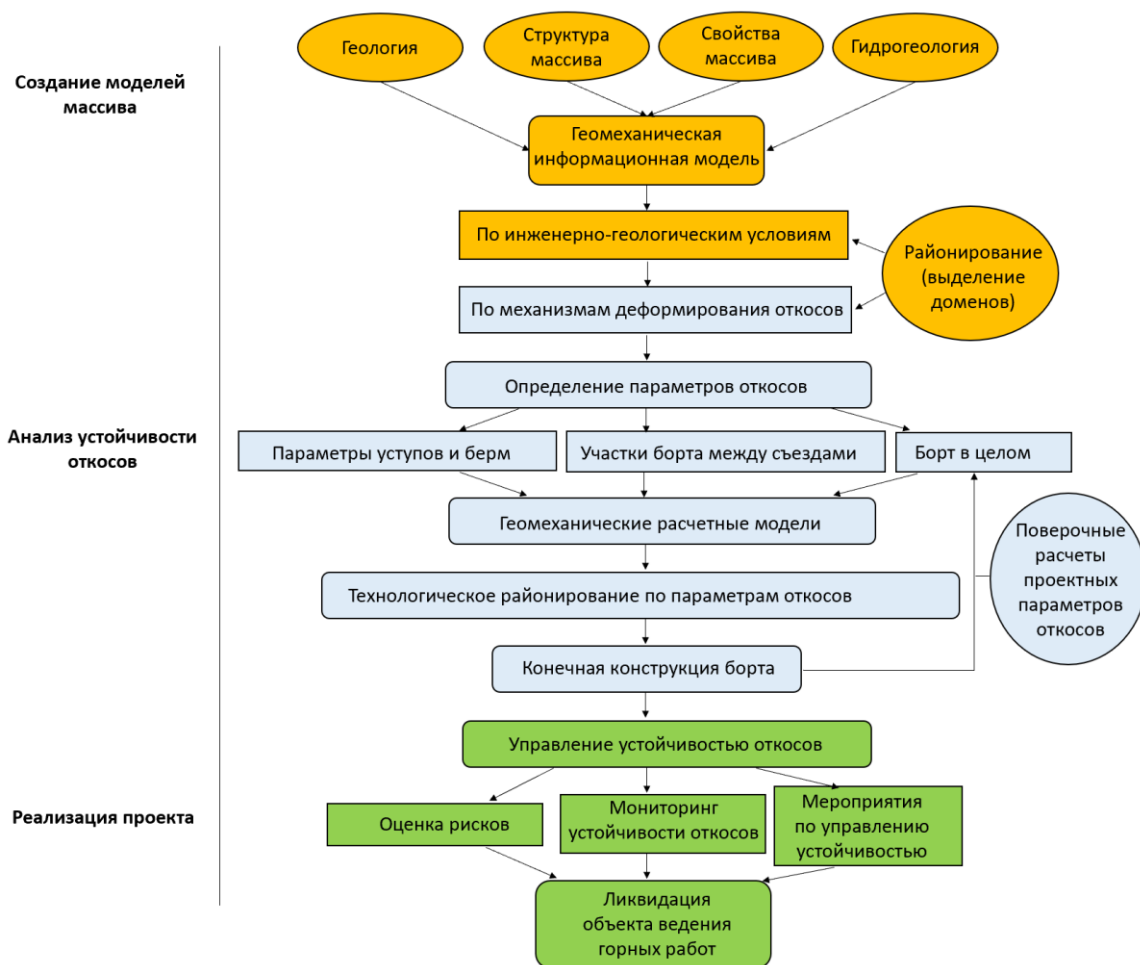
**Эксплуатирующая организация** – юридическое лицо, созданное в соответствии с законодательством Российской Федерации, либо его представитель, на правах собственника или по поручению собственника осуществляет строительство и техническую эксплуатацию горного объекта и несет ответственность за обеспечение безопасности работ.

1.2. В настоящих Указаниях приведены наиболее используемые методы и способы оценки и управления рисками, организации мониторинга и выработки мероприятий по управлению устойчивостью.

1.3. Особенности методик оценки рисков, мониторинга и мер реагирования на неблагоприятные события адаптируются для условий конкретного месторождения и при этом должны удовлетворять Федеральным нормам и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» (далее ФНП).

1.4. Оценка рисков выполняется при проектировании объектов ведения горных работ (на этапах ТЭО и предпроектных работ – не является обязательной), а в процессе эксплуатации карьеров, разрезов и отвалов – при превышении критериев безопасности, установленных проектной документацией, выявленных в процессе мониторинга устойчивости.

1.5. Структура и этапы работ по обеспечению устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов представлены на рисунке ниже (рис. 1.1). В настоящих Указаниях рассматриваются вопросы реализации проекта, представляющие этапы работ по обеспечению бесперебойной и безаварийной эксплуатации месторождения на основе оценки и управления рисками, организации мониторинга и выработки мероприятий по управлению устойчивостью.



**Рисунок 1.1** – Структура геомеханического обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов

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

Оценка рисков выполняется при проектировании объектов ведения горных работ и в процессе эксплуатации карьеров, разрезов и отвалов. При выявлении критических деформаций производится переоценка степени рисков.

Риски должны выноситься на планы горных работ.

1.7. На основании результатов мониторинга и последующей переоценки степени рисков возникновения деформационных процессов эксплуатирующая организация должна предусматривать меры по управлению устойчивостью уступов, локальных участков бортов карьеров, разрезов и отвалов или снижению вредного влияния деформационных процессов.



## 2. Оценка и управление рисками

### 2.1. Принципы оценки рисков

2.1.1. Возникновение рисков обусловлено неопределенностью потенциально опасных факторов, используемых в расчетах устойчивости (пространственная изменчивость, недоизученность массива).

Риски оцениваются качественно и (или) качественно-количественно и (или) количественно.

Риск (Р) выражается зависимостью:

$$P=BO \times TP, \quad (2.1)$$

– BO – вероятность обрушения / деформаций (определяется качественно или количественно);

– TP – тяжесть последствий, возможные последствия от деформаций (определяются качественно или количественно).

При качественной оценке рисков вероятность и тяжесть последствий от обрушения принимаются путем экспертных оценок.

При качественно-количественной оценке рисков используются инженерные расчеты вероятности нарушения устойчивости бортов и уступов карьера, откосов отвалов. Тяжесть последствий от обрушения принимается путем экспертных оценок.

При количественной оценке рисков используются инженерные расчеты вероятности нарушения устойчивости бортов и уступов карьера, откосов отвалов. Тяжесть последствий выражается количественно.

Способ оценки рисков определяется эксплуатирующей или специализированной организацией.

2.1.2. К типовым геомеханическим рискам, связанным с нарушением устойчивости бортов, уступов карьеров, откосов отвалов при отработке месторождения открытым способом относятся деформации:

- бортов карьера по всей высоте.
- участков борта, состоящих из двух и более уступов (макроблоки обрушения).
- уступов в различных участках карьера.
- мелкие вывалы и камнепады.
- откосов отвалов.

Примеры деформаций различных масштабов приведены в приложении А.

2.1.3. К факторам, которые приводят к возникновению рисков (далее – опасные факторы), относят:

- инженерно-геологические (структуры различных рангов, слоистость, сланцеватость, слабые слои неблагоприятной ориентировки по отношению к откосу, слабые или дезинтегрированные породы, карстовые пустоты 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, сезонные промерзания-оттаивания пород, подверженность выветриванию, селевые потоки, сейсмичность территории);
- техногенные (нагрузки от горнотранспортного оборудования, сейсмическое воздействие взрывов, наличие выработок и пустот в массиве, наличие техногенных отложений во внутрикарьерном пространстве и др.).

2.1.4. Оценка рисков выполняется на всех этапах освоения месторождения и включает следующие основные этапы:

- идентификация рисков.
- анализ выявленных рисков.
- управление рисками.

2.1.5. На этапе проектирования осуществляется идентификация опасностей и качественная оценка степени рисков с учетом их воздействия на персонал, карьерную технику, внутрикарьерную и прилегающую инфраструктуру, окружающую природную среду.

2.1.6. На этапе эксплуатации осуществляется:

- выявление опасных зон и оценка последствий от развития в них деформаций, уточнение оценок риска, полученных на предыдущих этапах функционирования опасного производственного объекта;
- корректировка технологии ведения горных работ в опасных зонах, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- пополнение и корректировка реестра возможных рисков.

2.1.7. Риски оцениваются и анализируются на основе матрицы рисков или других методов.

Для оценки рисков используются результаты мониторинга, а также любая другая информация, позволяющая выявлять и контролировать риски.

На основе оценки рисков принимаются решения на разработку и реализацию организационных и технических мероприятий по снижению уровня рисков.

## 2.2. Идентификация рисков

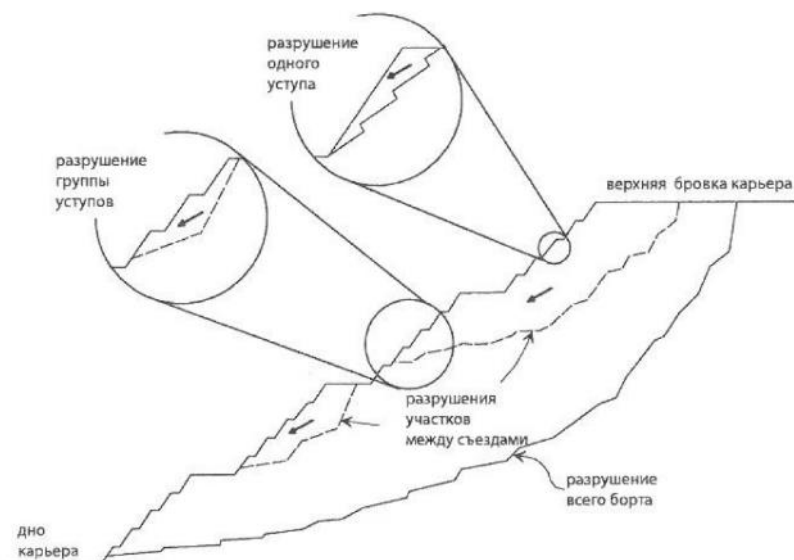
2.2.1. На стадии выявления рисков в карьерах и на отвалах рекомендуется применять методы качественной оценки риска на основе обобщения опыта возникновения аварийных ситуаций в подобных условиях с использованием технических отчетов, справочных материалов, опросных листов, моделирования, мониторинга и т.д.

2.2.2. Результатом идентификации рисков являются:

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

Примеры реестра и идентификации рисков приведены в приложениях Б, В.

2.2.3. Основой для локализации рисков в карьере является геомеханическая информационная и расчетная модели месторождения, а также результаты мониторинга. Выделяются основные масштабные уровни рисков (рис. 2.1).



**Рисунок 2.1** – Масштабные уровни потенциальных деформаций

Основой для локализации рисков на отвалах являются результаты изучения оснований отвалов и технологии их формирования.

## 2.3. Анализ выявленных рисков

2.3.1. Основные задачи этапа анализа риска:

- определение вероятностей или частоты возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- обобщение оценок с определением уровня риска
- составление карты геомеханических рисков

2.3.2. Методы анализа рисков: матрица рисков (рис 2.2), «галстук-бабочка», анализ дерева событий, метод поверочного листа и др. Применяемые методы оценки рисков определяются эксплуатирующей или специализированной организацией.

2.3.3. Метод оценки уровня риска с помощью матрицы рассмотрен в данном разделе. Вероятность риска оценивается на основе предположения (экспертных оценок), либо по результатам количественного анализа, либо по фактическим данным о частоте события. Тяжесть последствий оценивается качественно. По матрице рисков на основе вероятности и тяжести последствий оценивается уровень рисков – очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий (Рис 2.2), с последующим выбором мер реагирования.

Матрица рисков			Последствия				
			Незначительные	Низкие	Средние	Высокие	Чрезвычайные
Вероятность риска			1	2	3	4	5
Качественная		Количественная					
A	Очень высокая	>40%	Средний	Высокий	Высокий	Очень высокий	Очень высокий
B	Высокая	20÷40%	Низкий	Средний	Высокий	Высокий	Очень высокий
C	Средняя	10÷20%	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
D	Низкая	1÷10%	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
E	Очень низкая	<1%	Очень низкий	Низкий	Средний	Средний	Высокий

**Рисунок 2.2** – Матрица рисков для определения уровня риска

Матрица рисков уточняется по мере отработки месторождения.

2.3.4. Качественная оценка вероятности обрушения основывается на выборе категории вероятности обрушения в соответствии с табл. 2.1.

**Таблица 2.1** – Качественная оценка вероятности неблагоприятного события

Категория	Качественная оценка	Характеристика событий
A	Весьма высокая	Событие происходило часто. Событие ожидаемо с высокой степенью вероятности в ближайшее время.
B	Высокая	Событие происходило неоднократно. Произойдёт с высокой степенью определённости.
C	Средняя	Событие происходило ранее и может произойти в будущем.
D	Низкая	Событие может произойти при маловероятном стечении обстоятельств.
E	Очень низкая	Событие может произойти только при непрогнозируемом стечении форс-мажорных обстоятельств.

2.3.5. Количественная оценка риска основывается на вероятностном подходе, который может применяться как дополнительный к детерминированному, для учета влияния изменчивости факторов на этапе проектирования карьера.

2.3.6. Вероятностный анализ устойчивости проводится отдельно для различных масштабов откосов – уступы, группы уступов и борта.

2.3.7. Последствия могут выражаться как качественными характеристиками (словесные описания или категории последствий, угроза жизни и здоровью персонала), так и количественными (затраты на ликвидацию последствий от деформаций).

Качественная оценка последствий выполняется на основании положений таблицы (табл. 2.2).

**Таблица 2.2** – Оценка тяжести последствий обрушений бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов

Незначительные	Низкие	Средние	Высокие	Чрезвычайные
- Обрушение на отдельном участке вне зоны ведения горных работ, не влияющее на технологический процесс	- Ликвидация обрушения требует несколько дней или не влияет на технологический процесс - Обрушение откосов с коротким периодом эксплуатации - Обрушения не оказывают влияние на внутрикарьерную инфраструктуру - Повреждения оборудования отсутствуют	- Краткосрочная ликвидация обрушения (*) - Простои основного технологического оборудования - Повреждение оборудования и инфраструктуры, требующее ремонта - Восстановление съезда или ремонт путей откатки	- Потеря подготовленных к выемке запасов - Среднесрочная ликвидация последствий обрушения (*) - Повреждение и длительные простои основного технологического оборудования и/или инфраструктуры, требующие капитального ремонта - Потеря основного технологического оборудования и/или инфраструктуры - Потеря транспортного съезда (при наличии резервного)	- Угроза жизни и здоровью людей - Потеря транспортного съезда (при отсутствии резервного) - Нарушение технологического цикла, требующее реконструкции

\* - срочность ликвидации определяется экспертно

Необходимость количественной оценки последствий определяется эксплуатирующей организацией.

2.3.8. Перечень факторов, оказывающих влияние на тяжесть последствий, определяется для конкретных условий, среди которых наиболее распространенными являются: размещение инфраструктурных инженерных сооружений в зоне влияния возможных деформаций, наличие единственного транспортного съезда или отсутствии дублирующих внутрикарьерных вскрывающих выработок, наличие группы уступов

большой высоты без широкой предохранительной бермы между ними, срок службы откосов, наличие и виды мониторинга.

Тяжесть последствий (уменьшение или увеличение) изменяется по мере развития горных работ.

2.3.9. По итогам идентификации и анализа рисков по видам и уровням риска возникновения опасных факторов составляется и периодически обновляется карта рисков.

На карту рисков наносятся участки с наиболее существенными рисками с характеристикой опасных факторов. Примеры карт геомеханических рисков приведены в приложении Г.

## **2.4. Управление рисками**

2.4.1. По результатам оценки рисков вырабатываются рекомендации по управлению рисками, включающие организацию ведения горных работ, мероприятия по управлению устойчивостью.

При обнаружении признаков нарушения устойчивости или критических деформаций с повышенными рисками, техническим руководителем эксплуатирующей организации утверждаются мероприятия по управлению устойчивостью, которые включаются в планы развития горных работ на предстоящий календарный период.

2.4.2. На этапе проектирования риск не должен превышать «среднего» уровня при условии соблюдения нормативных критериев устойчивости (коэффициенты запаса, вероятности обрушения).

На этапе эксплуатации меры реагирования на возникающие риски назначаются в соответствии с табл. 2.3. На участке с выявленным риском уровня «средний» допускается ведение горных работ при условии внедрения мероприятий, разработанных на этапе проектирования или по результатам мониторинга. При выявлении на этапе эксплуатации «высоких» рисков работы на данном участке должны быть приостановлены до внедрения мер по их снижению.

**Таблица 2.3 – Меры реагирования в соответствии с уровнем риска**

<b>Уровень риска</b>	<b>Меры реагирования</b>	<b>Мероприятия</b>	<b>Примечание</b>
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	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	-

### **3. Мониторинг устойчивости откосов**

#### **3.1. Общие сведения по организации мониторинга**

3.1.1. В соответствии с требованием ФНП «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» на объектах ведения открытых горных работ II класса опасности и при комбинированной разработке месторождения эксплуатирующей организацией должна создаваться специальная группа по мониторингу и прогнозу устойчивости бортов, уступов, откосов (далее – геомеханическая служба). Рекомендации по созданию геомеханической службы представлены в приложении Д.

3.1.2. В процессе ведения открытых горных работ должны вестись наблюдения, достаточные для обеспечения безопасного ведения работ (далее – мониторинг устойчивости), отражаемых в разделе по наблюдениям в составе проекта производства маркшейдерских работ и включает следующую информацию, но ею не ограничивается:

- общие положения, цели и задачи маркшейдерских, гидрогеологических геотехнических и иных наблюдений;
- сведения об объектах наблюдений;
- общую геомеханическую информацию по месторождению;
- обоснование требуемой точности и периодичности наблюдений;
- применяемые виды (методы) наблюдений с обоснованиями точности измерений, схемы системы наблюдений, типы средств измерений;
- перечень контролируемых параметров;
- признаки нарушения устойчивости;
- требования к документации по результатам наблюдений;
- допустимые значения деформаций и критерии безопасности горных выработок.

3.1.3. Выбор участков для организации наблюдательных станций выполняется на основании анализа инженерно-геологических условий разработки месторождения, современного состояния и перспективы развития горных работ, с учетом следующих основных признаков:

- наличие на карьере вскрытых слабых пластичных, обводненных или сильно трещиноватых пород в горном массиве, формирующих борт или уступ;
- подрезка горными работами слабых контактов, поверхностей тектонических нарушений, слабых слоев, а также участки опрокидывания слоев;
- отклонения фактических параметров бортов, уступов и отвалов карьера проектным;
- наличие ответственных сооружений.



3.1.4. В процессе мониторинга отслеживается (в зависимости от вида и состава наблюдений):

- смещения и скорости смещений точек массива;
- появление новых или раскрытие имеющихся трещин;
- относительные деформации интервалов (сжатие-растяжение, наклоны);
- границы распространения деформационных процессов;
- продолжительность процесса деформирования и его отдельных стадий;
- изменение геометрии откосов карьера, разреза от воздействия процессов выветривания и деформаций;
- места высачивания, уровень подземных вод.

3.1.5. При возникновении и развитии деформаций в процессе отработки месторождения составляются их паспорта. Документируются все нарушения устойчивости откосов карьеров, разрезов и отвалов объемом свыше 1 000 м<sup>3</sup> или площадью более 500 м<sup>2</sup> [5]. Описание и пример составления паспорта деформации представлены в приложении Е.

3.1.6. Различают два вида мониторинга: долгосрочный и оперативный мониторинг  
Долгосрочный мониторинг организуется на длительный период отработки карьера (5 и более лет).

Оперативный мониторинг организуется для контроля устойчивости участков бортов в локальных зонах, в зонах критических или развивающихся деформаций, в рабочих зонах и на участках расположения внутрикарьерной инфраструктуры.

3.1.7. Методы мониторинга:

- визуальный – визуальные (маршрутное) обследования состояния откосов и берм;
- фотограмметрический – выявление проявлений неустойчивости по фотоматериалам (наземной, воздушной съемки) и анализ изменения геометрии откоса за разные периоды съемок;
- маркшейдерский, выполняется маркшейдерско-геодезическими инструментами (с использованием электронно-оптических приборов, в том числе с наблюдениями по стационарно установленным отражательным призмам (призменный), спутникового оборудования, лазерное сканирование поверхности откоса, а также других инструментов для упрощенного мониторинга за раскрытием трещин или активными деформационными процессами);
- радарный, выполняется с использованием радаров (наземного или аэрокосмического базирования) мониторинга сдвижений со сплошной зоной покрытия области мониторинга;

- гидрогеологический – мониторинг изменения уровней подземных вод, давления воды, а также участков высачивания подземных вод;

- геотехнический - выполняется по установленным датчикам (инклинометры, экстензометры и др).

- геофизический, основан на наблюдении за изменениями физических показателей (скорость распространения упругих волн, электросопротивление, магнитные поля, ускорение свободного падения и др.) в массиве горных пород.

3.1.8. Система мониторинга определяется для каждого объекта индивидуально. Для наиболее достоверной оценки состояния приборного массива информация по всем применяемым видам мониторинга анализируется комплексно.

При выборе метода мониторинга учитываются:

- ожидаемые механизмы и скорости развития деформаций;
- требуемые точность и периодичность наблюдений;
- требования к частоте установки реперов (или сплошная зона покрытия);
- возможность обеспечения доступа к реперам (если не предусмотрены дистанционные методы);

- наличие внутренних и внешних отвалов, зданий и сооружений.

3.1.9. Выбор методов мониторинга зависит от масштабов предполагаемых деформаций и скорости протекания процессов деформирования. Для скоротечных деформационных процессов (часы, дни) малых масштабов (до 1000 м<sup>3</sup>) достаточно визуальных наблюдений, которые могут быть дополнены наземным радарным мониторингом. Для более медленных деформационных процессов (дни, недели, месяцы) более крупных масштабов (1000 м<sup>3</sup> и более) мониторинг дополняется инструментальными методами наблюдений.

3.1.10. Основной целью долгосрочного мониторинга является:

- обнаружение признаков развития крупномасштабных деформаций;
- своевременное оповещение технического руководителя о превышении критериев безопасности.

3.1.11. Основной целью оперативного мониторинга является:

- обнаружение признаков развития деформаций в рабочей зоне;
- оперативный контроль устойчивости откосов;
- своевременное оповещение технического руководителя о развитии деформационных процессов.

При оперативном мониторинге при наблюдениях за раскрытием трещин или активными деформационными процессами допускается выполнять упрощенные

наблюдения с линейными измерениями смещений или деформаций массива по линии максимального развития деформаций.

3.1.12. Периодичность проведения серий инструментальных наблюдений выбирается исходя из скорости смещения породного массива [6] - (табл. 3.1).

**Таблица 3.1** – Периодичность наблюдений за состоянием откосов карьеров в зависимости от скоростей смещений

Скорость смещения, мм/сут	Периодичность наблюдений ( $\Delta t$ ), сут
0,1 – 0,5	365 (1 раз в год)
0,5 – 1,0	180 (2 раза в год)
1,0 – 2,0	90 (ежеквартально)
2,0 – 5,0	45
5,0 – 10,0	15
10,0 – 20,0	7 – 8
20,0 и выше	3 – 4

3.1.13. Периодичность проведения серий инструментальных наблюдений при мониторинге отвалов выбирается исходя из скорости смещения отвальных пород – [7] (табл. 3.2).

**Таблица 3.2** – Периодичность наблюдений за состоянием отвалов

Характеристика устойчивости	Скорость смещений, см/сут	Периодичность наблюдений	Примечание
Устойчивый. Соотношение скоростей ( $V_{\text{вер}} > 0$ , $V_{\text{гор}} \approx 0$ ; $V_{\text{гор}} \ll V_{\text{вер}}$ )	Менее 0,3	Раз в квартал	Работы на отвале допускаются
Подвижный (устойчивый относительно) ( $V_{\text{гор}} \approx V_{\text{вер}}$ )	0,3 – 1,0	Раз в месяц	То же
	1,0 – 5,0	Раз в неделю	То же
	5,0 – 10	Два раза в неделю	То же
	10 – 20	Через день	То же
	20 – 30	Ежедневно	То же
	30 – 50	Дважды в смену	Работы на отвале допускаются в исключительных случаях
Неустойчивый ( $V_{\text{вер}} > 0$ , $V_{\text{гор}} \gg 0$ ; $V_{\text{гор}} \gg V_{\text{вер}}$ )	Более 50	То же	Работы на отвале не допускаются

3.1.14. Точность наблюдений должна обеспечивать возможность судить о неизменности процесса деформирования в интервале времени между сериями наблюдений.

Точность определения положения точек наблюдений при мониторинге бортов карьеров не должна превышать  $\pm 15$  мм., при мониторинге отвалов – не более  $\pm 30$  мм.

На этапе эксплуатации точность и периодичность наблюдений уточняется эксплуатирующей или специализированной организацией в соответствии с целями и задачами мониторинга.

3.1.15. При применении автоматизированных средств наблюдений со сплошным покрытием рабочей зоны в непрерывном режиме и отслеживанием быстроразвивающихся деформационных процессов по решению эксплуатирующей организации допускается сокращение инструментальных маркшейдерских наблюдений.

3.1.16. Наблюдательные станции могут располагаться как внутри карьерного поля, так и на прилегающих к нему территориях. Рабочие реперы могут располагаться как по площадной схеме – в наиболее характерных участках для контроля деформационных процессов, так и по профильным линиям. Опорные реперы следует располагать вне зоны влияния горных работ.

При наблюдениях по площадным наблюдательным станциям вычисляется полный вектор смещений или его компоненты.

При наблюдениях по профильным линиям вычисляются изменения длин интервалов и вертикальные смещения.

3.1.17. При наблюдениях за отвалами рабочие реперы закладываются на откосной части отвала, верхней площадке в призме возможного оползания и у нижней бровки отвала. Опорные реперы располагают вне зоны ожидаемых деформаций.

Места закладки наблюдательных станций на отвалах необходимо выбирать в зависимости от механизма деформирования отвалов:

- основание отвала прочное (надподошвенный оползень). Наблюдения производятся по реперам, установленным на верхней площадке отвала, где отвал свежееотсыпанный. В первое время после отсыпки отвала происходит оседание верхних реперов с затухающими скоростями в результате естественного уплотнения пород;

- в основании отвала залегает слабый контакт (подошвенный оползень). Маркшейдерские наблюдения необходимо осуществлять по реперам, установленным вдоль верхней и нижней бровок отвала, с целью фиксировать сдвиги верхней площадки и пространственное положение нижней бровки отвала, которая при деформировании призмы упора будет смещаться в горизонтальном направлении;

- в основании отвала залегает мощный слой слабых пород (подподошвенный оползень). Сдвиг отвальных пород сопровождается выпором пород основания. Основным сигналом о начале сдвиговых деформаций являются поднятия нижних реперов с выпором пород основания.

### **3.2. Визуальный и фотограмметрический мониторинг**

3.2.1. Системы мониторинга предусматривают визуальное наблюдение с общими осмотрами и фотофиксацией состояния откосов с целью выявления начальных проявлений неустойчивости (раскрытие трещин, камнепады, вывалы, осыпи и др.).

3.2.2. Визуальные наблюдения могут быть как непосредственными (пешие маршруты), так и дистанционными, выполняемые фотограмметрическими методами с помощью беспилотных летающих аппаратов или наземных станций.

3.2.3. Расположение выявленных трещин отмечаются на планах и разрезах.

3.2.4. В визуальном мониторинге должен быть задействован весь персонал, находящийся на карьере во время рабочей смены, на всех участках, к которым есть доступ на предмет видимых признаков смещений породного массива.

3.2.5. Визуальные наблюдения за устойчивостью бортов, уступов, откосов должны проводиться не реже одного раза в месяц специалистами геологической и маркшейдерской служб (геолого-маркшейдерская служба) и специалистами группы по мониторингу и заключаются в фиксации всех признаков начинающихся деформаций бортов, уступов, откосов, геологических и горнотехнических факторов, влияющих на их устойчивость. Для проведения наблюдений могут привлекаться специализированные организации.

3.2.6. Результаты визуального наблюдения заносятся в специальный журнал осмотра состояния бортов, уступов, откосов и подписываются лицом, произведшим осмотр. О результатах наблюдений информируется технический руководитель эксплуатирующей организации.

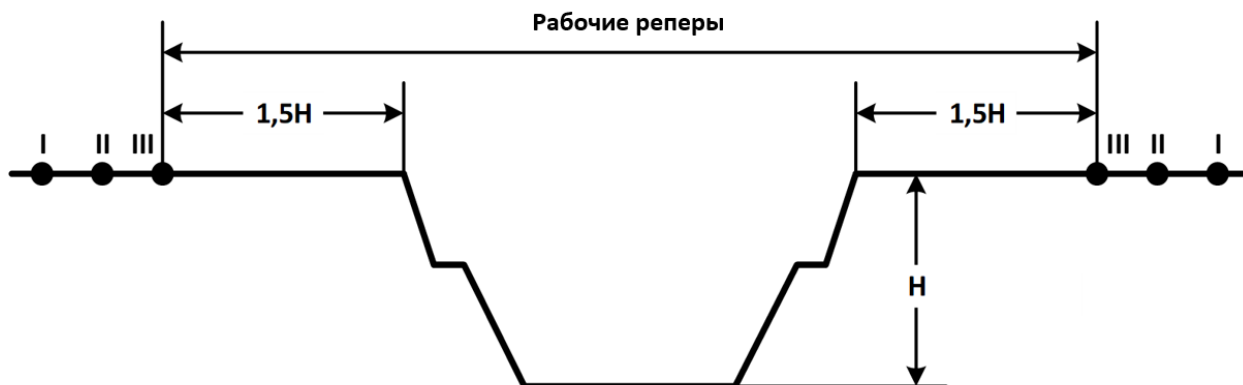
### **3.3. Маркшейдерский мониторинг**

3.3.1. Маркшейдерский мониторинг выполняется с использованием электронных тахеометров (призменный мониторинг), лазерных сканеров и систем спутникового позиционирования выполняется по реперам наблюдательной станции, закрепленным на откосах и за пределами контура карьера. При мониторинге по профильным линиям могут использоваться также нивелир и рулетка. Данные способы (кроме лазерного сканирования) относятся к так называемому точечному мониторингу.

3.3.2. При маркшейдерском мониторинге сеть наблюдательных станций состоит из опорных и рабочих реперов, которые могут располагаться как по профильным линиям (вкрест простирания откосов), так и по площадной схеме.

3.3.3. Исходные (опорные) реперы должны быть расположены на участках, не подвергающихся сдвигению в результате ведения горных работ, на расстоянии от верхней бровки не менее 1.5 глубины карьера [5] (рис. 3.1). Размеры зоны сдвижения, положение и

количество исходных, опорных и рабочих реперов определяется проектом наблюдательной станции.



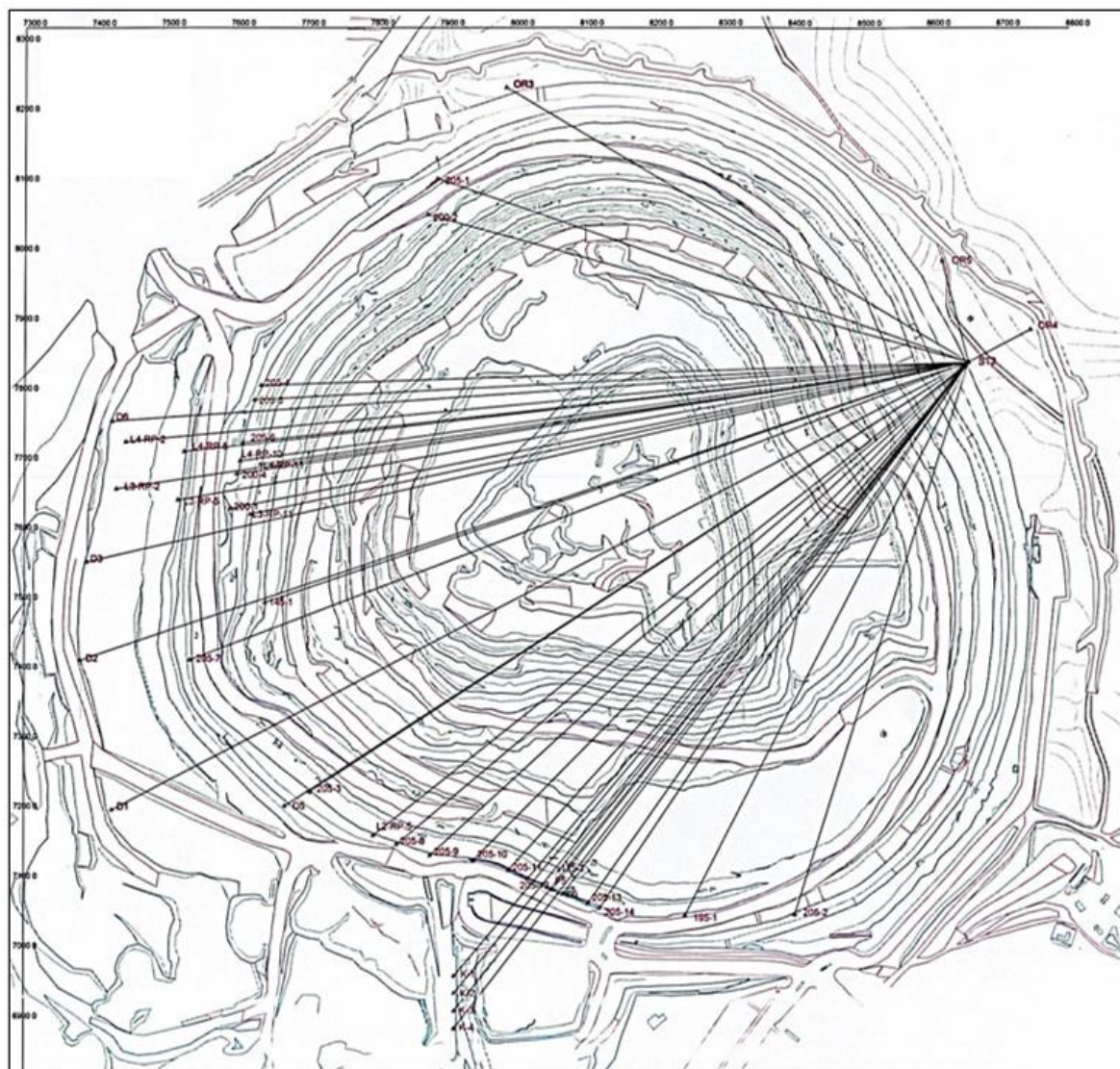
**Рисунок 3.1** – Схема профильной линии на борту карьера: I, II, III – исходные (опорные) реперы

Для определения положения опорных реперов наблюдательной сети допускается использовать спутниковые навигационные системы и опорные реперы располагать в зоне сдвижения при периодическом контроле их положения от исходного репера (базовой станции).

3.3.4. При мониторинге по профильным линиям каждая профильная линия состоит из не менее 2-3 исходных (опорных) реперов. Количество рабочих реперов определяется шириной ожидаемой зоны сдвижения. Расстояния между рабочими реперами определяется в проекте наблюдательной станции в соответствии с типом решаемой задачи.

3.3.5. При мониторинге по площадным наблюдательным станциям реперы располагаются произвольным образом как на дневной поверхности, так и внутри карьерного пространства на бермах. В процессе съемки определяются полные векторы смещений.

3.3.6. Примеры наблюдательной станции по профильным линиям и площадной наблюдательной станции приведены на рисунках ниже (рис. 3.2, 3.3)

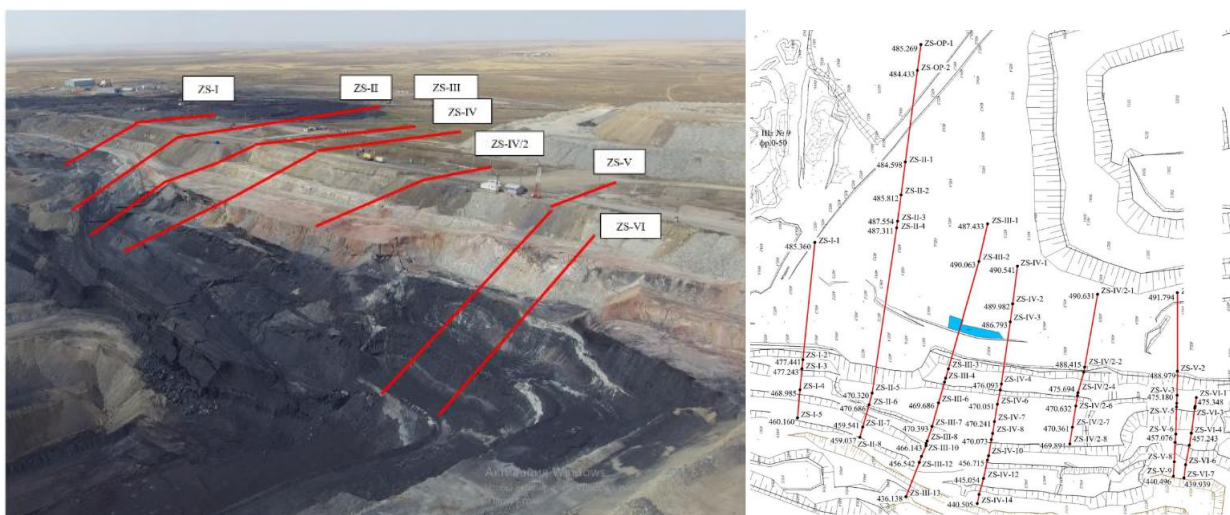


**Рисунок 3.2** – Пример площадной наблюдательной станции

3.3.7. При закладке реперов должны соблюдаться следующие требования:

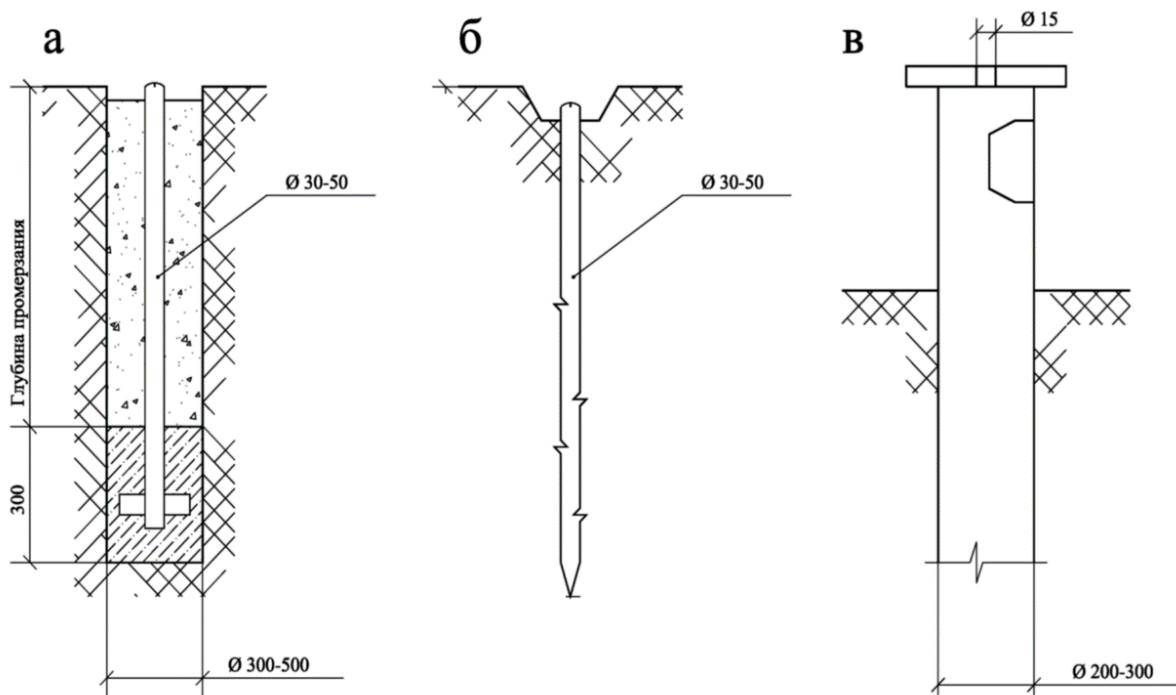
- прочная связь репера с горной породой;
- сохранность и неизменность репера на весь срок их службы;
- устойчивость репера в условиях сезонного изменения температуры и влажности пород, промерзания и оттаивания горных пород;
- сохранность репера при разлёте кусков породы во время взрыва.





**Рисунок 3.3** – Пример наблюдательной станции на угольном разрезе в виде профильных линий

Для наблюдательных станций исходные и опорные реперы выполняются бетонными, с якорем ниже границы сезонного слоя промерзания (оттаивания). Рабочие реперы могут быть забивными, их длина определяется проектом наблюдательной станции. Для повышения точности и удобства проведения наблюдений, реперы могут иметь конструкцию для принудительного центрирования инструмента (рис. 3.4).



**Рисунок 3.4** – Конструкция реперов наблюдательных станций: а – бетонный в скважине репер; б – репер забивного типа; в – репер с принудительным центрированием инструмента

3.3.8. После проведения съемки данные обрабатываются для определения текущего положения снимаемых точек в принятой на предприятии системе планово-высотных



координат. Величины и направления векторов смещений, скорости, деформации интервалов профильных линий определяются периодическими наблюдениями в соответствии с проектом наблюдательной станции.

3.3.9. Призменный мониторинг предполагает определение трехмерных векторов смещений электронным тахеометром (рис. 3.5).



*а) электронный тахеометр, б) отражатель на жестком отвесе*

**Рисунок 3.5** – Призменный мониторинг

Процесс производства инструментальных наблюдений включает в себя следующие этапы работ:

- перед проведением начальной серии наблюдений осуществляется привязка опорных реперов станций (определение координат  $X, Y, Z$ ) к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной или геодезической сети;
- производство начальных наблюдений для определения исходного положения рабочих реперов наблюдательных станций в горизонтальной и в вертикальной плоскостях;
- производство систематических наблюдений за положением рабочих реперов для определения их смещений.

Возможно стационарное закрепление на реперах специальных пластин с отражателями или отражательными призмами. Пример расположения отражательных призм при призменном мониторинге приведен на рис. 3.6.



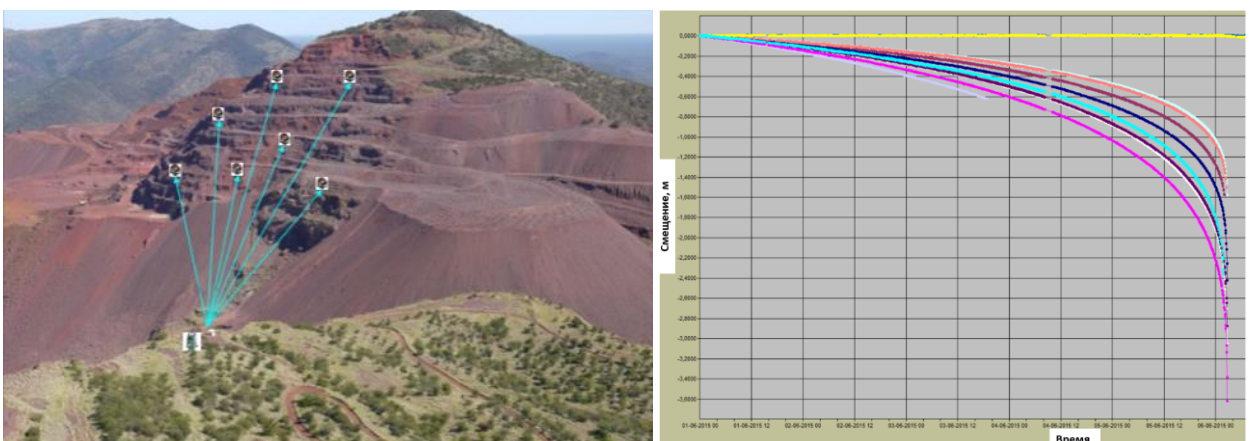
**Рисунок 3.6** - Пример установки стационарных отражательных призм

3.3.10. Призменный мониторинг может выполняться в автоматизированном режиме на основе стационарно устанавливаемого роботизированного тахеометра (рис. 3.7).



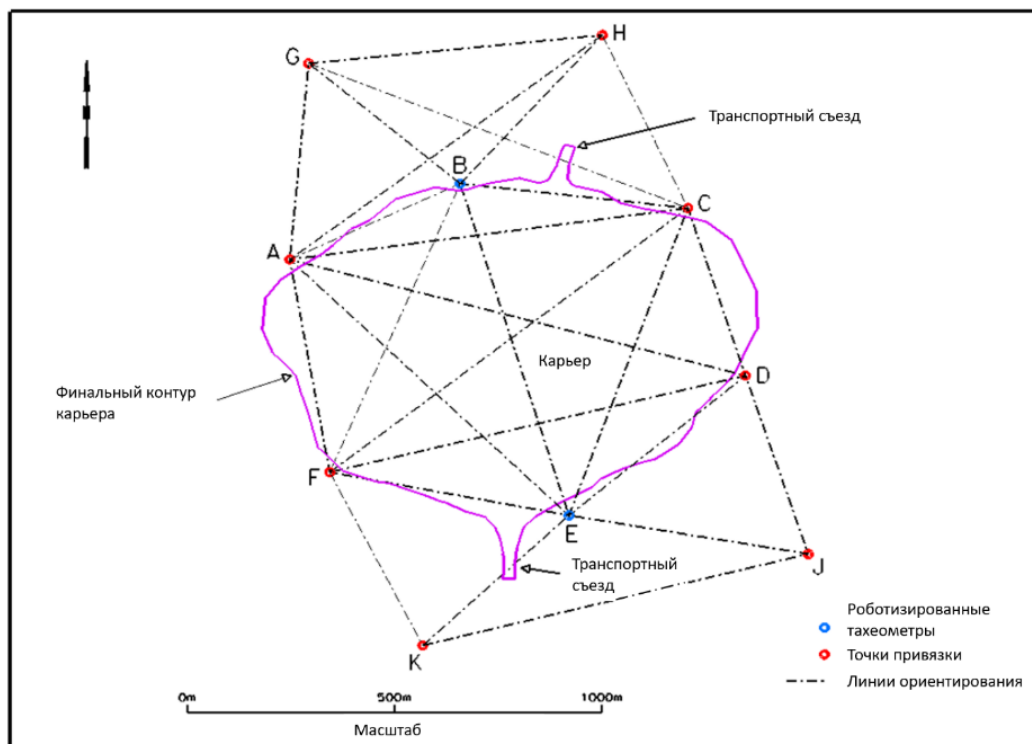
**Рисунок 3.7** – Станция автоматизированного призменного мониторинга

Пример наблюдательной станции и графиков смещений при автоматизированном призменном мониторинге приведен на рис. 3.8.



**Рисунок 3.8** – Пример наблюдательной станции и графиков смещений при автоматизированном призменном мониторинге

Пример схемы установки роботизированных тахеометров (синим) и опорных/исходных реперов (точки привязки – отмечены красным) приведен на рис. 3.9. Тахеометры, устанавливаемые на точках В и Е располагаются так, чтобы осуществлять мониторинг противоположного борта карьера.



**Рисунок 3.9** – Пример схемы установки призмного мониторинга

3.3.11. При спутниковом мониторинге (рис. 3.10) определение пространственных координат реперов производится в дифференциальном режиме с установкой базовой станции на исходных или опорных реперах. В отличие от предыдущего метода съемки, в данном случае не требуется прямой видимости между соседними реперами, а также этот метод позволяет проводить измерения при большой длине базовой линии (расстояние от точки наблюдения до опорной).





**Рисунок 3.10** – Пример станции спутникового мониторинга с репером принудительного центрирования

Для повышения точности возможно одновременное использование нескольких приемников по наблюдениям за рабочими реперами, что дает возможность уравнивания сети. Для высокоточных наблюдений в поле зрения прибора должны попадать спутники, находящиеся в разных частях небесной сферы, что не всегда осуществимо при расположении приемника внутри карьера или в горной местности, так как при этом сокращается угол обзора.

**3.3.12. Упрощенные наблюдения**

Появление трещин на земной поверхности является одним из первых видимых признаков нарушения устойчивости массива.

Документирование трещин производится путем их плановой привязки и замеров длин. После чего выполняется мониторинг раскрытия трещин любыми доступными в конкретных условиях методами, в том числе с использованием автоматизированных датчиков. На рис. 3.11 показана станция проволочного экстензометра, установленного по краям трещины.



**Рисунок 3.11** – Мониторинг раскрытия трещин экстензометром

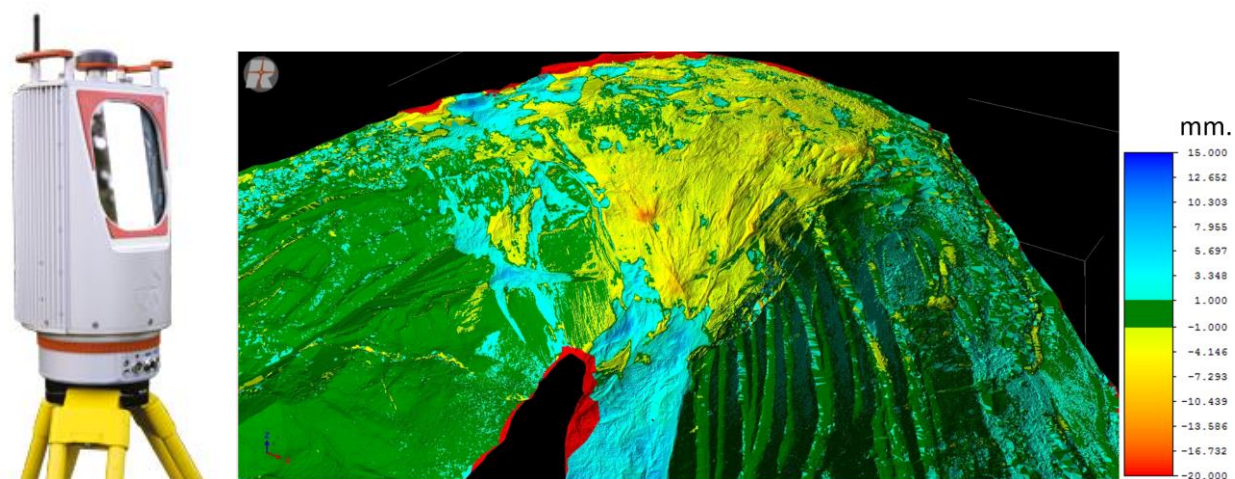
**3.3.13.** Системы лазерного сканирования наиболее подходят для мониторинга следующих процессов:

- мониторинг изменения геометрии борта со временем (выветривание, деформации);
- определение параметров трещиноватого массива;

– мониторинг смещений в автоматизированном режиме.

При проведении инструментального мониторинга лазерным сканером в автоматизированном режиме получают сплошную зону покрытия поверхности откоса (облако точек в трехмерных координатах). При проведении нескольких серий измерений получают смещения и скорости смещений поверхности массива.

Метод мониторинга является дистанционным и не предполагает закладки и обслуживания рабочих реперов. Пример результатов сравнительного анализа двух серий сканирования борта карьера приведен на рисунке ниже (рис. 3.12).



**Рисунок 3.12** – Лазерный сканер с примером получаемого в результате съемки облака точек

Лазерное сканирование выполняется с пунктов опорной маркшейдерской сети, с нескольких стоянок для обеспечения наиболее полного охвата поверхности карьера и исключения «мертвых зон» в едином облаке точек. Впоследствии производится «сшивка» полученных сканов и формируется единое облако точек, представляющее трехмерную модель карьера или участка его борта.

Результаты наблюдений отражают величины пространственных смещений точек породного массива и их направления.

Измеряемые величины при наземном лазерном сканировании являются аналогичными, как при работе с электронными тахеометрами.

Достоинством лазерно-сканирующих систем является возможность следить за поведением целостного массива, а не только за контрольными точками.

По сравнению с радарными системами лазерные сканеры реже используются для автоматизированного мониторинга деформаций откосов ввиду их более низкой точности и зависимости от погодных условий. Точность лазерного сканирования на больших расстояниях (более 1 км.) снижается и может составлять порядка 20-50 мм.

3.3.14. Документация в бумажном или электронном виде включает ведомости горизонтальных, вертикальных смещений, скоростей смещения реперов и, при необходимости рассчитываются горизонтальные деформации интервалов между реперами, которые вычисляются между отдельными сериями наблюдений и относительно исходной серии.

3.3.15. При наблюдениях по площадным наблюдательным станциям анализ результатов за смещениями реперов осуществляется на основании следующих вычисляемых параметров:

$\Delta X_i$ ;  $\Delta Y_i$ ;  $\Delta Z_i$  – смещение  $i$ -го репера между двумя сериями наблюдений, мм.

$$\Delta S_i = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (3.1)$$

где  $\Delta S_i$  – смещение  $i$ -го репера в плане, мм;

$$\gamma_i = \arctg \frac{\Delta Z_i}{\Delta S_i} \quad (3.2)$$

где  $\gamma_i$  – угол наклона полного вектора смещения  $i$ -го репера (град):

$$r_i = \arctg \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \quad (3.3)$$

$\alpha_S$  – дирекционный угол вектора смещения, вычисляется через румб –  $r_i$ : в зависимости от знаков  $\Delta X_i$ ;  $\Delta Y_i$  дирекционный угол принимает значения (при направлении X на север):

$$\alpha_S = r_i \text{ (при } \Delta X_i +; \Delta Y_i +); \quad (3.4)$$

$$\alpha_S = 180 - r_i \text{ (при } \Delta X_i -; \Delta Y_i +); \quad (3.5)$$

$$\alpha_S = 180 + r_i \text{ (при } \Delta X_i -; \Delta Y_i -); \quad (3.6)$$

$$\alpha_S = 360 - r_i \text{ (при } \Delta X_i +; \Delta Y_i -). \quad (3.7)$$

$V_{Si}$ ,  $V_{Zi}$  – скорости смещений  $i$ -го репера в плане, по высоте между сериями наблюдений с интервалом времени  $\Delta t_i$ , мм/сут:

$$V_{Si} = \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i} \quad V_{Zi} = \frac{\Delta Z_i}{\Delta t_i} \quad (3.8)$$

При необходимости выполняется расчет абсолютной величины полного вектора и скорости смещения:

$$\Delta L_i = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}, \quad V_{Li} = \frac{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}}{\Delta t_i} \quad (3.9)$$

где  $\Delta L_i$  – абсолютная величина полного вектора смещения  $i$ -го репера, мм. и общая скорость смещения между сериями наблюдений с интервалом времени  $\Delta t_i$ , мм/сут.

3.3.16. При наблюдениях по профильным линиям вертикальные смещения  $\Delta H$  определяются по формуле:

$$\Delta H = H_n - H_{n+1}, \quad (3.10)$$

где  $H_n$  – отметка репера из предыдущего или начального наблюдения;  $H_{n+1}$  – отметка репера из последующего наблюдения.

По вычисленным длинам интервалов между реперами  $L$  путем их суммирования определяются расстояния от опорного репера до каждого из реперов профильной линии  $\Sigma L$  (линейные измерения), по которым далее рассчитываются величины горизонтальных смещений  $\Delta\Sigma L$ :

$$\Delta\Sigma L = \Sigma L_2 - \Sigma L_1, \quad (3.11)$$

где  $\Sigma L_1$ ,  $\Sigma L_2$  – расстояния от опорного репера до данного репера соответственно из начального (или предыдущего) наблюдения и из последующего наблюдения.

При необходимости для каждого репера вычисляется абсолютная величина полного вектора смещения

$$B = \sqrt{\Delta\Sigma L^2 + \Delta H^2} \quad (3.12)$$

и рассчитывается скорость его смещения в мм/сут.

Скорость смещения непостоянна во времени, ее величина вычисляется отдельно для каждого временного интервала между наблюдениями, что позволяет проследить ее изменение от серии к серии.

При необходимости вычисляются относительные горизонтальные деформации ( $\varepsilon$ ):

$$\varepsilon = \frac{L_n - L}{L}, \quad (3.13)$$

где  $L_n$  и  $L$  – горизонтальная длина интервала соответственно из данного и начального наблюдения.

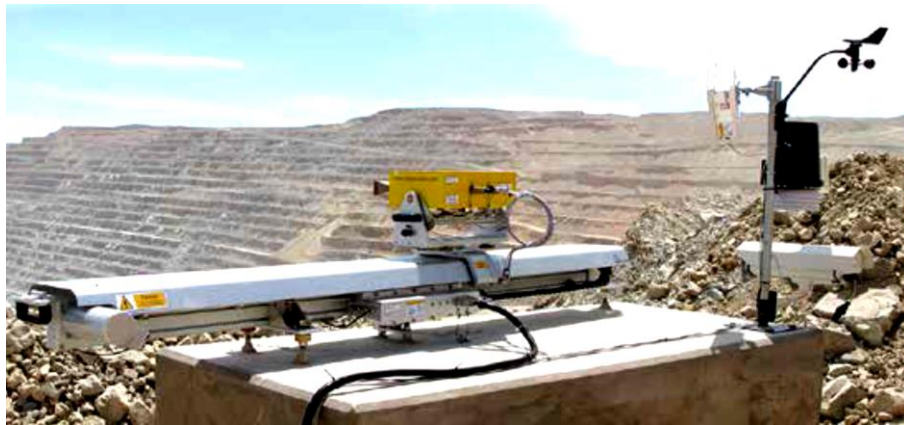
### **3.4. Радарный мониторинг (наземный)**

3.4.1. Наземные интерферометрические радары применяются для дистанционного мониторинга сдвижений и деформаций участка борта в режиме реального времени без использования отражателей. Данный вид мониторинга обеспечивает полную зону покрытия и не зависит от времени суток и атмосферных условий.

Наземные интерферометрические радары наиболее подходят для краткосрочного оперативного контроля за состоянием откосов и позволяют фиксировать смещения с миллиметровой точностью на расстоянии до 5 км. Полученные данные передаются в информационную систему для обработки и графического отображения результатов измерений. Оборудование предусматривает возможность подачи сигналов тревоги при превышении установленных критериев.

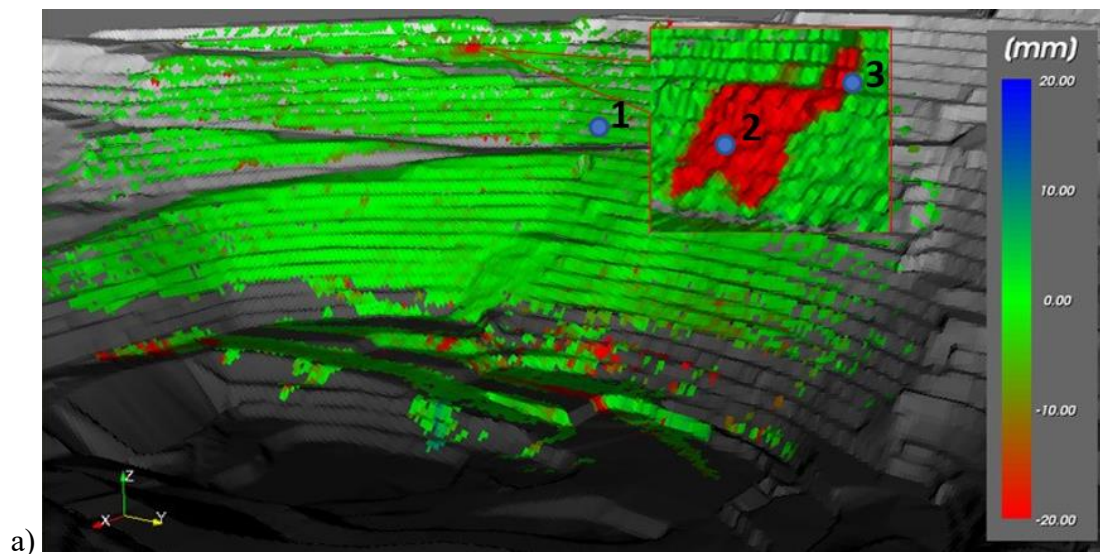
Примеры радарных систем показаны на рис. 3.13.



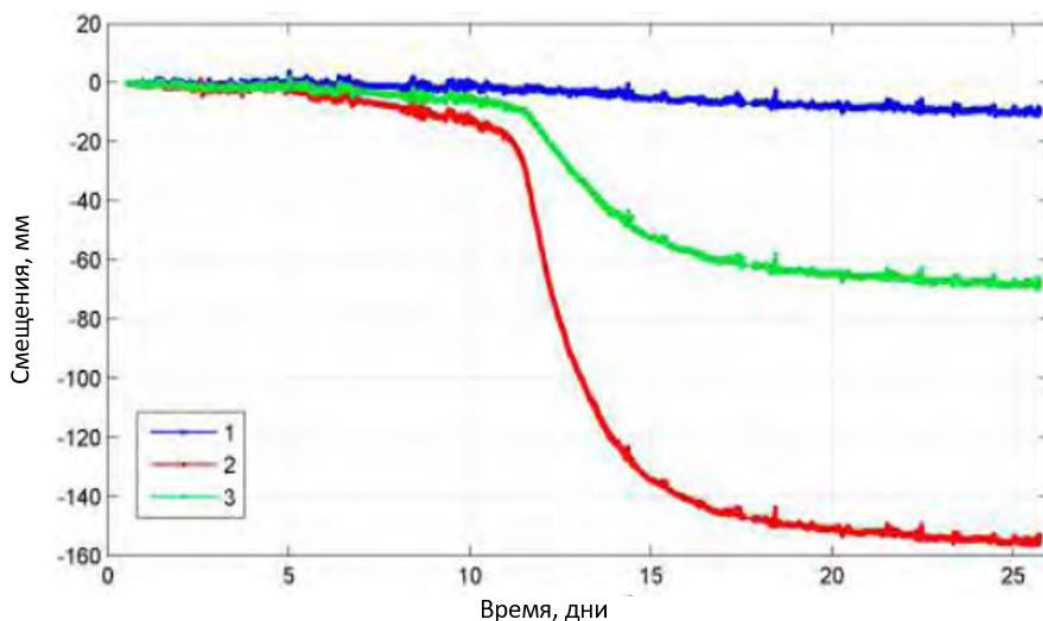


**Рисунок 3.13** – Примеры радарных систем

3.4.2. Результаты сканирования представляются в виде тепловой карты (рис. 3.14 а), по которой, для выбранных точек могут быть отображены графики изменения наблюдаемых параметров во времени (рис. 3.14 б).







б)

**Рисунок 3.14** – Примеры представления результатов наблюдений

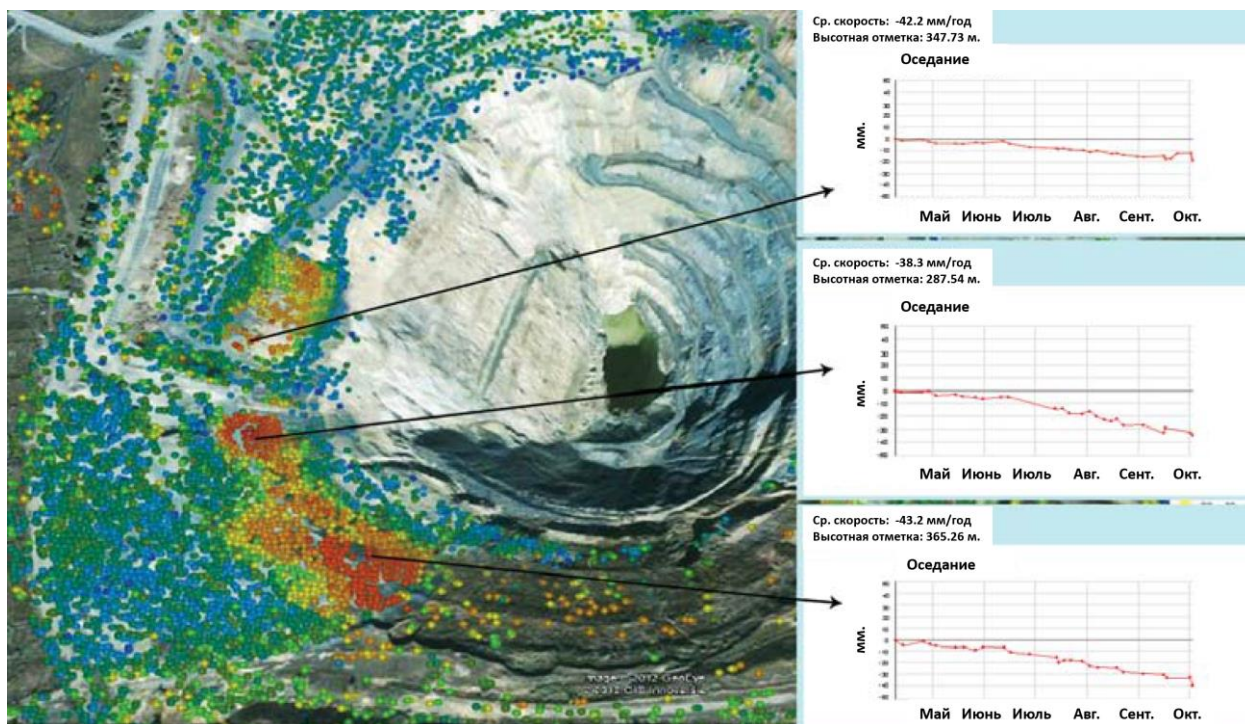
3.4.3. Особенностью радаров является мобильность многих видов радарных систем – зачастую они совмещены с прицепным оборудованием и иногда устанавливаются на автотранспорт. Благодаря этому, радары можно выводить в безопасное место на период взрывных работ. Также важными особенностями, которые совершенствуются в новых моделях радаров, являются облегчение процедуры маркшейдерской привязки на местности и интеграция программного обеспечения с другими мониторинговыми системами, например, с призмным мониторингом.

3.4.4. Метод радарного мониторинга по сравнению с другими методами (лазерное сканирование, призмный мониторинг) имеет более высокую точность и степень автоматизации непрерывных наблюдений. К недостаткам относится получение величин смещений вдоль линии визирования, что не позволяет получить трехмерные вектора смещений.

### **3.5. Радарный мониторинг (аэрокосмический)**

Метод интерферометрического анализа спутниковых радарных снимков (InSAR) применяется главным образом для мониторинга оседаний больших площадей земной поверхности для оценки их деформированного состояния.

На рис. 3.15 представлен пример результатов космического радарного мониторинга [10]. Графики показывают динамику оседаний в карьере для характерных точек в центрах очагов деформаций.



**Рисунок 3.15** – Пример анализа динамики оседаний в карьере по результатам космического радарного мониторинга

Данный метод отличается покрытием зоной мониторинга больших участков. К недостаткам относится невозможность получения трехмерных векторов смещений, а также дискретность между сериями измерений предполагает долгосрочный вид мониторинга.

### 3.6. Геотехнический мониторинг

3.6.1. Геотехнический мониторинг осуществляется с помощью устройств (инклинометры, экстензометры и др.), позволяющих фиксировать смещения, деформации и другие характеристики породного массива. Системы геотехнического мониторинга, чаще всего, устанавливаются в скважинах (глубинный мониторинг) и применяются для уточнения зоны сдвижения в прибортовом массиве.

3.6.2. Методы инклинометрии позволяют определять изменение угла наклона оси скважины и соответственно подвижки в направлении перпендикулярном ее оси.

По способу установки инклинометры в скважине устанавливаются как стационарно (один или несколько датчиков), так и погружаются в скважину только во время замера.

Экстензометры позволяют определять изменение длины между наблюдаемыми точками объекта как на его поверхности, так и в скважинах. При установке на поверхности ведется мониторинг раскрытия трещин. При установке в скважинах экстензометры фиксируют вдоль ее оси дифференциальные подвижки датчиков, расположенных на различных глубинах.

Сдвигения могут быть выявлены и иными методами, с использованием рефлектметров, коаксиальных и волоконно-оптических кабелей, датчиков сдвига и др.

Геотехнические датчики при необходимости могут быть связаны с системой сигнализации о развитии деформаций.

3.6.3. Специальные методы мониторинга и диагностики состояния прибортового массива, в том числе экспериментальные и геофизические, могут выполняться специализированными организациями.

### **3.7. Гидрогеологический мониторинг**

3.7.1. Основными факторами, влияющими на водопритоки в карьер, являются атмосферные осадки, режим рек и фильтрационные свойства пород.

3.7.2. Состав гидрогеологических наблюдений при мониторинге за подземными водами включает:

- гидрогеологическую съемку карьера и поверхности;
- наблюдения за режимом уровней (напоров) дренируемых водоносных горизонтов;
- наблюдения за водопритоками в карьер, контроль эффективности систем дренажа, водоснабжения.
- гидрогеологические наблюдения в процессе проходок скважин разведочного геологического бурения: фиксация интервалов водопоглощений и водопроявлений, замеры уровня подземных вод в процессе проходки скважины и по окончании бурения.

#### **3.7.3. Гидрогеологическая съемка поверхности бортов карьера**

На месторождениях выполняются наблюдения за уровнем режимом подземных вод, фиксация фильтрационных деформаций, фиксация отметок выхода подземных вод на откосах, что позволяет судить о величине напоров в прибортовом массиве и о роли тектонических нарушений в разгрузке водоносных пластов непосредственно карьером. В зимний период целесообразно оценивать размеры наледей, образующихся за счет высачивания подземных вод на бортах карьера.

Все промежутки высачивания по бортам фиксируются визуально, также для этих целей допускается использовать тепловизионные методы. Периодичность гидрогеологической съемки поверхности бортов связана с интенсивностью изменения гидрогеологической обстановки на месторождении, но не реже одного раза в год.

#### **3.7.4. Наблюдения за уровнем режимом подземных вод.**

Наблюдения за техногенным режимом подземных вод выполняют для обоснования дренажных мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости бортов карьеров и внутренних отвалов.

Наблюдения за уровнями подземных вод выполняются систематически, синхронно с замами водопритоков в горные выработки, дебитов водозаборов, с замами уровней поверхностных водоемов и водотоков.

На эксплуатируемых месторождениях, характеризующихся сложными условиями организации дренажа и в паводковый период частоту замеров уровней подземных вод следует увеличить, в простых гидрогеологических условиях частота замеров сокращается.

Наблюдательные скважины могут быть использованы для проведения опытно-эксплуатационного водопонижения на изучаемом участке. Водопонижение осуществляется путем выпуска воды из одной скважины с замами ее дебита и с прослеживанием изменений напоров во времени по пьезометрам.

3.7.5. Для оценки условий дренирования прибортовых массивов со сложным гидрогеологическим строением оборудуются специальные наблюдательные скважины с размещенным в них на разных интервалах датчиками гидростатического давления (пьезометры). Гирлянды датчиков позволяют установить наличие вертикальных потоков в дренируемом прибортовом массиве, определить условия питания и взаимосвязи водоносных пластов, параметры относительных водоупоров.

На рис. 3.17 представлены схемы установки пьезометров в скважину.

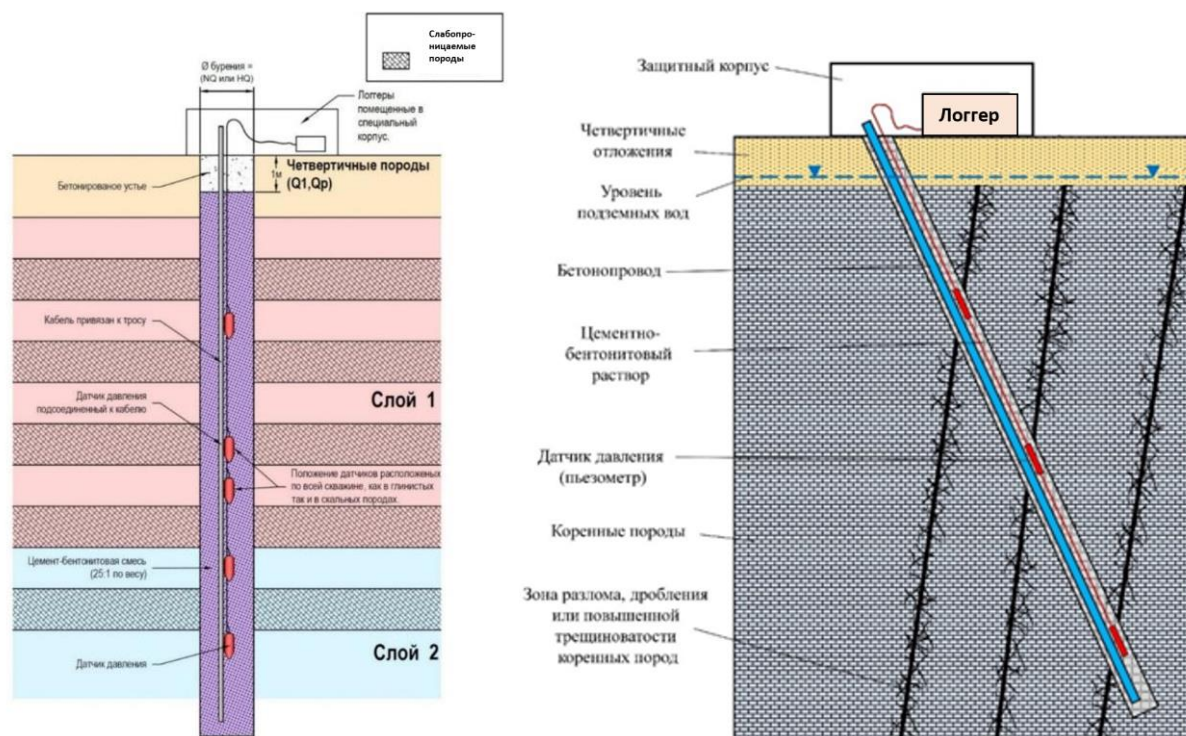


Рисунок 3.17 – Схемы установки пьезометров в скважину

3.7.6. Мониторинг за поверхностными водами и атмосферными явлениями (гидрологический мониторинг) осуществляется на основе информации о количестве

атмосферных осадков, их сезонном распределении, о режиме снеготаяния, испарения с земной и водной поверхности, об изменениях атмосферного давления и влажности воздуха.

На основных водотоках оборудуются режимные гидрологические посты с наблюдением за уровнем и расходом рек. Период наблюдений определяется в ходе исследований. Частота замеров в паводковый период следует увеличить.

### 3.8. Критерии безопасности и система оповещения по результатам наблюдений

3.9.1. Для оценки состояния объектов по каждому из видов наблюдений используются критерии безопасности. По мере накопления информации и уточнения особенностей протекания процессов деформирования массива численные значения критериев безопасности могут меняться. Для пороговых значений критериев безопасности устанавливается система взаимодействия персонала по анализу, комиссионному обсуждению сложившейся ситуации и мерам реагирования.

3.9.2. Критические скорости сдвижений и деформации возникают при переходе от скрытой (начальной) стадии деформирования к активной, которая характеризуется нарастанием скорости смещений.

3.9.3. При долгосрочном мониторинге характер протекания деформаций прибортового массива зависит от степени устойчивости бортов [4] и характеризуется следующими признаками (табл. 3.3).

**Таблица 3.3** – Оценка состояния откоса при долгосрочном мониторинге

Показатель		Значение	Состояние откоса
1	коэффициент запаса – n	$\geq 1,3$	упругие деформации
	относительные горизонтальные деформации – $\epsilon$	$\leq 1 \cdot 10^{-3}$	
2	коэффициент запаса – n	1,3 – 1,2	затухающие во времени смещения, возникновение микро- и макротрещин
	общие смещения поверхности бортов (в карьерах высотой более 100 м)	200-300 мм и более	
	относительные горизонтальные деформации – $\epsilon$	$(1 \div 5) \cdot 10^{-3}$	
3	коэффициент запаса – n	1,2 – 1,1	значительные деформации прибортового массива: на поверхности возникают видимые заколы и трещины, деформации во времени преимущественно затухают
	относительные горизонтальные деформации – $\epsilon$	$(5-20) \cdot 10^{-3}$	
	общие величины смещений массива в пределах призмы оползания глубоких карьеров (в зависимости от высоты борта и его геологического строения)	1,5 – 2 м и более	
4	коэффициент запаса – n	1,1 – 1,05 и менее	предельное состояние откоса, со временем наблюдаются разрушения бортов
	относительные горизонтальные деформации – $\epsilon$	$(20-30) \cdot 10^{-3}$	



По результатам долгосрочного мониторинга должна осуществляться оценка состояния бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов. Состояние безопасности эксплуатируемого объекта характеризуется дискретно. Количество уровней не должно быть менее 2-х. Например, при 3-х уровневой системе характеристика эксплуатируемого объекта выглядит следующим образом:

- надежное и работоспособное состояние (упругие деформации - показатели 1 и 2 из таблицы выше) – эксплуатация объекта осуществляется в нормальном режиме без необходимости разработки дополнительных мероприятий.

- удовлетворительное (не превышение установленных критериев мониторинга, не наблюдается тенденция ускорения скоростей смещений - показатель 3) – эксплуатация объекта осуществляется, но при условии реализации специальных мероприятий внедрения и выполняется систематический анализ контролируемых показателей.

- аварийное / критическое (превышение установленных критериев мониторинга - показатель 4) – эксплуатация объекта не допускается. Для принятия решения о продолжении работ, разработке мероприятий и о качестве их реализации эксплуатирующей организацией создается комиссия. По решению технического руководителя к работе комиссии могут привлекаться специализированные организации.

3.9.4. Для оперативного мониторинга устанавливается несколько уровней критериев безопасности, ориентировочные значения которых могут быть установлены как предварительные при не установленном процессе сдвижения, представлены в табл. 3.4.

**Таблица 3.4** – Пример уровней сигналов оповещения для оперативного мониторинга

Сигнал тревоги	Характеристика смещений	Скорости смещений (автоматизированный мониторинг), мм/час [11]	Скорости смещений (дискретный мониторинг), мм/сут [9]	
			Слабые, пластичные породы	Прочные, хрупкие породы
Нормальный режим	Неактивные, регрессивные	<1	<5	<3
Уровень 1- ВНИМАНИЕ	Постоянные	1÷3	5÷10	3÷8
Уровень 2- ОПАСНО	Прогрессирующие	3÷5	10÷50	8÷20
Уровень 3- Стоп	Критические	>5	>50	>20

3.9.5. Во всех случаях прогнозирования процесса деформирования прибортовых массивов и оценки степени опасности деформаций по наблюдаемым скоростям смещений и прироста деформаций следует руководствоваться следующими положениями:

- скорости смещений учитываются только при величинах смещений превышающих погрешности измерений. Если смещения ниже погрешности измерений, при анализе следует учитывать только накопленные величины смещений при постоянстве их направлений.

- если наблюдаемые скорости смещения прибортовых массивов затухают во времени, а их величины не превышают критерии безопасности, то при неизменных параметрах борта угроза его разрушения маловероятна;

- при постоянной скорости смещения возникает реальная угроза образования деформации, тем большая, чем больше скорость смещения;

- при постоянно возрастающей скорости смещения прибортового массива возникает высокая вероятность развития деформаций, если не будут осуществлены противодеформационные мероприятия.

3.9.7. Величины критериев безопасности и аварийного оповещения определяются каждой эксплуатирующей организацией индивидуально, с привлечением специализированных организаций, с учётом особенностей геологического строения, структуры прибортового массива, механизма предполагаемого обрушения и могут корректироваться по результатам изучения поведения массива в процессе мониторинга.

3.9.8. Для прогнозирования момента разрушения откоса допустимо использовать анализ обратных скоростей смещений (инверсии скорости). Если смещения происходят с постоянной скоростью, это означает, что процесс сдвижения относительно стабилен. Если скорость смещений возрастает, следовательно, процесс сдвижения ускоряется, что грозит обрушением, то есть ситуация становится опасной. Принцип инверсии скорости состоит в том, что чем интенсивнее изменяется скорость деформации, тем ближе откос к фактическому разрушению, тем выше уверенность во времени прогнозирования разрушения. График инверсии от времени позволяет определить примерный момент обрушения при неизменности текущих условий.

3.9.9. При превышении критериев безопасности устанавливаются уровни оповещения и для каждого уровня назначается определенный круг лиц технического персонала карьера и устанавливаются меры реагирования.

Цель – запланировать порядок мер, подлежащих выполнению в случае возникновения опасных ситуаций, за которым последует идентификация проблемы и ее устранение.

Порядок реагирования персонала на геотехнические риски связан с существующей системой мониторинга деформационных процессов в карьере. В момент создания проекта мониторинга (наблюдательных станций), техническому персоналу важно назначить

структуру уровней опасности о разных стадиях развития деформации или появления признаков геотехнических опасностей (табл. 3.5).

**Таблица 3.5** – Пример структуры уровней опасности и их описание

<b>Уровень 1 Внимание</b>	Опасности адекватно контролируются, горные работы не останавливаются. Опасность может быть устранена горным мастером. Производится контроль за изменением ситуации, работы выполняются согласно наряд-задания.
<b>Уровень 2 Опасно</b>	Опасность требует приостановки горных работ и приведение участка в безопасное состояние. Опасность исключается решением руководителя участка, на котором выявлена опасность. Работы возобновляются по решению руководителя участка для приведения его в безопасное состояние, при необходимости вносятся изменения в рабочую документацию.
<b>Уровень 3 СТОП</b>	Все виды работ на опасном участке и смежных, расположенных в зоне влияния опасного, должны быть остановлены, персонал выведен из опасной зоны. Решением технического руководителя/главным инженером карьера создаётся комиссия в составе главных специалистов карьера для разработки Плана мероприятий и внесения изменений, при необходимости, в проектные решения. Работы возобновляются решением технического руководителя/главного инженера карьера в соответствии с утверждённым им Планом мероприятий.

Основной принцип – все случаи, когда нормальные рабочие условия начинают изменяться и там, где данные изменения могут привести к нежелательному или негативному влиянию на людей, установки и оборудование, цели ПБ, ОТ, ООС или стратегические цели организации, должны быть замечены или измерены, после чего принят установленный порядком уровень реагирования. При ухудшении условий повышается уровень реагирования для тех лиц, которых необходимо уведомить и вовлечь в процесс принятия решений и последующих специальных мер. На последней стадии, при превышении критериев безопасности, вводится в действие соответствующая позиция Плана ликвидации аварий.

3.9.10. В основу принятия решения в части управления геомеханическими рисками при ведении горных работ в карьере положены индикаторы опасных факторов. На каждый уровень опасности определяется порядок действий, направленный как на устранение опасности, так и на предотвращение травм и минимизации негативных последствий на горнотехнические сооружения, оборудование и механизмы.

В качестве иницирующих оперативное реагирование событий выступают:

- результаты периодических обследований (обнаружение трещин отрыва, пучения, деформаций и др.);



- интенсификация обвально-осыпных процессов;
- обрушение уступов;
- обрушение и деформации транспортных съездов;
- высокая скорость деформаций (установленная по результатам инструментального мониторинга);
- повышенная обводненность откосов;
- землетрясения.

Обнаружение проявлений производится по результатам мониторинга и обследования рабочего участка до/во время производства работ. Примеры уровней некоторых геомеханических опасностей, которые могут быть оценены визуально работниками карьера на своих рабочих местах – представлены в Приложении Ж.

## **4. Мероприятия по управлению устойчивостью**

### **4.1. Выбор мероприятий по управлению устойчивостью откосов**

4.1.1. По способу управления устойчивостью откосов все мероприятия подразделяются на:

- стабилизирующие, направленные на поддержание состояния устойчивости бортов, уступов, откосов отвалов и снижения риска развития деформаций;
- компенсирующие, направленные на снижение или исключение тяжести последствий от возможных (реализовавшихся) деформаций.

Мероприятия разрабатываются и внедряются на:

- участках обнаруженных деформационных процессов.
- участках с признаками возможных деформаций: выходы тектонических нарушений на контур откосов, повышенная степень трещиноватости пород, наличие зон ослабленных пород и др.
- особо ответственных участков: рабочая зона, внутрикарьерная инфраструктура и др.

#### 4.1.2 Стабилизирующие мероприятия:

- Доизучение инженерно-геологических условий (повышение достоверности исходных данных) и детализация и/или уточнение расчетных схем. Применяются для снижения неопределенности исходных данных при обосновании параметров откосов.

- Изменение направления и режима ведения горных работ, а также корректировка проектных параметров в установленном порядке. Применяется при изменении инженерно-геологических условий, прогнозе неустойчивости и при выявлении признаков крупных деформаций по результатам мониторинга.

- Изменение режима отсыпки отвалов (порядок отсыпки) в случае появления признаков неустойчивости по результатам мониторинга, формирование предотвала для предотвращения растепления слабых пород основания в условиях криолитозоны, выемка слабых пород в основании.

- Укрепление отдельных участков откосов уступов в их положении на предельном (проектном) контуре (раздел 4.3 Указаний).

- Оптимизация параметров буровзрывных работ вблизи предельного контура, снижающая влияние взрывных работ на законтурный массив. Мероприятие применяется в массивах скальных и полускальных пород (раздел 4.4 Указаний).

- Дренаж обводненного породного массива или напорных горизонтов (Раздел 4.5 Указаний).

- Сохранение теплового режима криолитозоны.

#### 4.1.3 Компенсирующие мероприятия

- Создание предохранительной бермы увеличенной ширины (геомеханическая берма). Мероприятие применяется при отработке запасов при выявлении опасных участков и на этапе проектирования при риске развития деформаций на участках расположения инфраструктуры и при наличии высоких групп уступов между транспортными съездами. Широкая берма обычно проектируется не менее двойной ширины обычной предохранительной бермы.

- Создание резервного транспортного съезда.

- Совершенствование системы мониторинга с увеличением частоты наблюдений и сплошности покрытия зоны наблюдения.

- Сезонное ведение горных работ.

- Оборка заколов на уступах и зачистка предохранительных берм.

- Создание камнеулавливающих сооружений (раздел 4.2 Указаний).

#### 4.2 Создание камнеулавливающих сооружений

4.2.1. Покрытие откосов сеткой или установка заградительных сооружений снижают риск выкатывания камней в рабочую зону.

Сетка крепится наверху анкерами, внизу она может оставаться незакрепленной. Незакрепленная нижняя часть позволяет обломкам породы перемещаться к подошве, не скапливаясь за сеткой (рис.4.1).





**Рисунок 4.1** – Примеры защиты от камнепада металлическими сетками

4.2.2. Установка защитных камнеулавливающих сооружений (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы – рис. 4.2).



**Рисунок 4.2** – Камнеулавливающие барьеры и сети

### **4.3. Механические способы и схемы укрепления откосов**

4.3.1. Для укрепления откосов скальных и полускальных пород применяются [8] - (табл. 4.1):

1) способы механического удержания призмы обрушения, к которым относятся укрепление штанговой крепью, шпунтами, железобетонными сваями, гибкими тросовыми тяжами, а также подпорными, защитными и контрфорсными стенками;

2) способы по улучшению прочностных свойств массива путем инъекции в массив укрепляющих растворов; из этих способов наиболее широко распространена цементация и смолоинъекция;

3) способы, при которых слагающие откосы породы, склонные к быстрому и интенсивному выветриванию, выщелачиванию или дефляции, изолируются с помощью устойчивых покрытий торкрет - бетоном, шприц - бетоном, битумом, карбамидными, формальдегидными и эпоксидными смолами; способы могут применяться также в сочетании с металлической сеткой и штангами;

**Таблица 4.1** – Способы укрепления откосов в скальных и полускальных породах

Применяемые способы	Метод укрепления	Условия применения способов
1. Способы механического удержания	Железобетонные сваи и анкера (иногда с последующей цементацией массива), увеличивающие сопротивление массива срезу	Массивы со слабо развитой трещиноватостью и сланцеватые породы
	Анкеры, штанги, увеличивающие силу трения по поверхностям скольжения или предотвращающие расслоение массива	
	Защитные подпорные и контрфорсные стенки, предотвращающие развитие оползневых деформаций	Сильно нарушенные массивы сложной структуры с переслаиванием пород
2. Упрочнение пород	Инъектирование массива (цементация, химзакрепление, смолоинъекции)	Дисперсные породы (гравий и крупнозернистые пески) с удельным водопоглощением более 0,1 л/мин, сильно-трещиноватые скальные породы
3. Изолирующие покрытия	Торкретирование или набрызг, битумизация, изоляция с помощью полимерных смол, покрытие откосов сеткой и другими материалами	Породы, склонные интенсивному поверхностному выветриванию или выщелачиванию
4. Пригрузка откоса	Контрфорсы	Интенсивно трещиноватые горные породы сложной структуры (зоны разломов, тектонические нарушения, дисперсные породы)

4.3.2. Укрепление откосов в карьерах может применяться в следующих условиях:

- на отдельных участках уступов с низкими прочностными свойствами породного массива,
- при увеличении выемки дополнительных объемов руды,
- при создании искусственных берм безопасности и транспортных,
- при укреплении уступов на нижних горизонтах,
- при укреплении транспортных траншей (скиповых, конвейерных) и уступов в зоне расположения объектов внутрикарьерной инфраструктуры,
- при укреплении пород в зоне влияния подземных горных работ.

4.3.3. При механическом удержании призмы обрушения с помощью анкерного крепления, их по принципу работы разделяют на две основные группы:

- пассивные (анкеры без предварительного натяжения);
- активные (предварительно-напряженные анкеры).

Пассивные анкеры (а также железобетонные сваи) применяются как для повышения прочности массива на срез, так и для сшивки отдельных блоков массива в единый монолит, что предотвращает расслоение массива, опрокидывание слоев и образование отдельных вывалов.

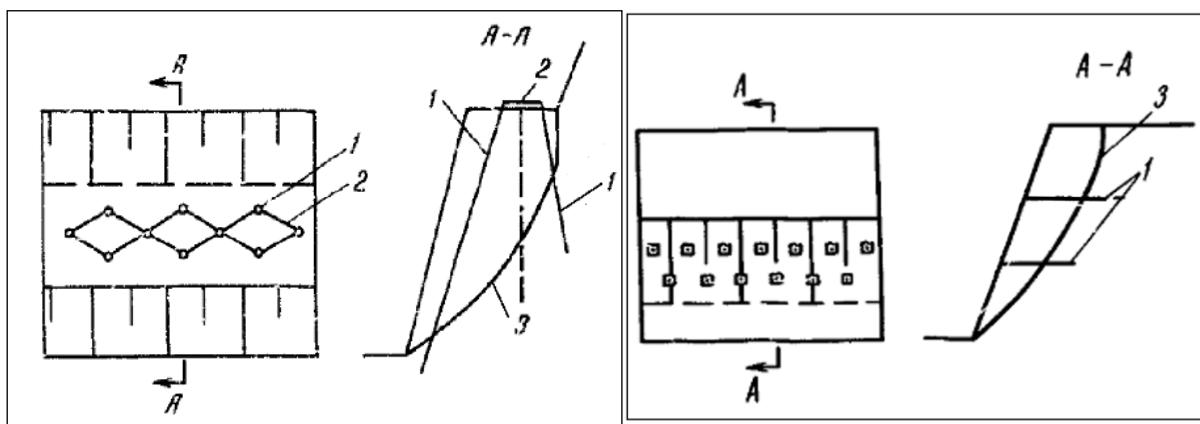
Активные анкеры основаны на увеличении силы трения на участке поверхности скольжения.

4.3.4. Конструктивно анкеры делятся на замковые, закрепляемые в массиве в одной точке, и фрикционные, когда анкер работает по всей длине. При использовании фрикционных анкеров все скважинное пространство между арматурой и стенками скважин заполняется твердеющей смесью (различные бетоны и смолы). Фрикционные анкеры, основанные на трении между арматурой и стенками скважин при укреплении уступов используются крайне редко.

4.3.5. Анкерное крепление, работающее на срез, применяется только в скальных и полускальных породах. Расчет выполняется исходя из дефицита удерживающих сил, прочности арматуры на срез и ее сечения (рис. 4.3):

$$N = \frac{\Delta F}{S_a \cdot \sigma_{ср}}, \quad (4.1)$$

где  $\Delta F$  – дефицит удерживающих сил для достижения заданного коэффициента запаса, МН;  $S_a$  – площадь поперечного сечения арматуры, м<sup>2</sup>;  $\sigma_{ср}$  – прочность материала арматуры на срез, МПа;  $N$  - количество анкеров на 1 п.м. длины уступа.



**Рисунок 4.3** – Схема укрепления откоса пассивными анкерами (железобетонными сваями): 1 – анкер (железобетонная свая); 2 – ригель; 3 – поверхность скольжения

Длина анкеров определяется исходя из предполагаемого положения поверхности скольжения (анкер должен быть заглублен за нее не менее чем на 1,0 м). Сетка анкеров произвольная с возможным сгущением от верха к низу уступа, где можно применять менее длинные анкера.

4.3.6. Пассивные анкера, используемые для сшивки массива, применяются только в скальных или полускальных породах. Расчет параметров крепления осуществляется в следующем порядке:

- определяется необходимая длина анкеров  $l_a$  исходя из толщины скрепляемых слоев:

$$l_a = h_{сл} + l_3, \quad (4.2)$$

где  $h_{сл}$  – мощность закрепляемого слоя, м;  $l_3$  – глубина закрепления анкера, м.

- исходя из веса удерживаемого слоя рассчитываются параметры сетки анкеров (обычно применяется квадратная сетка):

$$l_k = 0.8 \sqrt{\frac{P_{ш}}{P_{св}}}, \quad (4.3)$$

где  $P_{св}$  – вес опрокидывающегося слоя, МН,  $P_{ш}$  – прочность закрепления анкера в массиве, МН (определяется исходя из конкретных условий и примененных материалов)

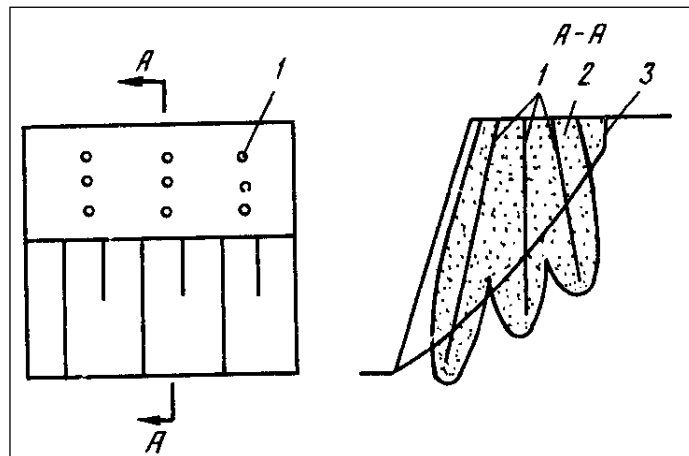
4.3.7. Активные анкера используют для увеличения прижимающей силы на поверхности скольжения. После закрепления троса в нижней части скважины с помощью твердеющей смеси производится его натяжение, после чего скважина до конца заполняется твердеющей смесью.

Необходимое суммарное усилие за счет натяжных тросов  $P_{тр}$  может быть оценено следующим образом:

$$P_{тр} = \Delta F / tg\phi \quad (4.4)$$

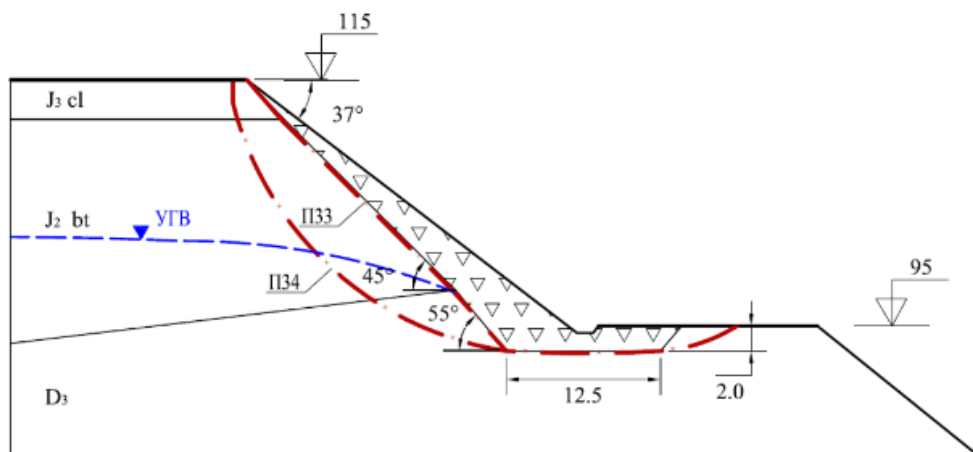
где  $\Delta F$  – дефицит удерживающих сил для достижения заданного коэффициента запаса,  $\phi$  – угол внутреннего трения массива.

4.3.8. Инъектирование массива (цементация, химзакрепление, смолинъекции) применяется в дисперсных породах (гравий и крупнозернистые пески) и сильнотрещиноватых скальных породах (рис. 4.4).



**Рисунок 4.4** – Схема укрепления откоса цементацией: 1 – скважины; 2 – зона укрепленных пород; 3 – поверхность скольжения

4.3.9. Укрепление обводненных дисперсных откосов на карьере производится за счет пригрузки скальными породами. Отсыпаемые породы не должны содержать глинистых разностей более 20%. Пример схемы пригрузки изображен на рис. 4.5.



**Рисунок 4.5** – Пример схемы пригрузки откоса в дисперсных обводненных породах скальной массой

#### 4.4. Специальные способы буровзрывных работ при постановке уступов в предельное положение

4.4.1. Для обеспечения проектных углов погашения уступов буровзрывные работы вблизи предельного контура должны вестись в щадящем режиме, обеспечивающем сохранность законтурного массива.

4.4.2. Изменение режима буровзрывных работ применяется в пределах охраняемой зоны, примыкающей к предельному контуру карьера.



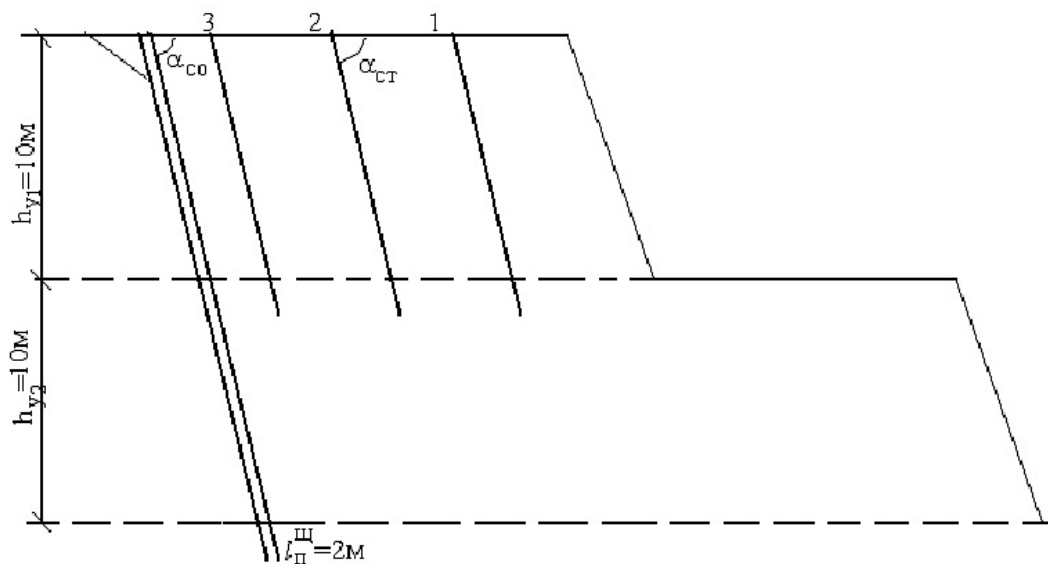
4.4.3. Размеры зоны недопустимого воздействия взрывных работ (зоны неупругих деформаций) зависят от параметров технологических взрывов и оцениваются расчетным путем. Для уточнения размеров зоны рекомендуется проводить опытные работы.

4.4.4. Одним из наиболее простых и надежных способов определения размеров зоны влияния взрывов является измерение смещений реперов, установленных непосредственно за взрывным блоком, во время ведения взрывных работ.

4.4.5. Наиболее эффективными методами снижения интенсивности техногенного воздействия взрывных работ являются: контурное взрывание (применяется только в скальных и полускальных породах), буферное взрывание, а также дополнительные методы, заключающиеся в ограничении объема блоков, взрывааемых за один прием; регулирование направления развития взрыва и др.

4.4.6. По параметрам бурения, заряжания и очередности инициирования зарядов метод контурного взрывания делится на предварительное щелеобразование, последующее оконтуривание и специальные методы.

4.4.7. Предварительное щелеобразование представляет собой образование защитной щели за счет взрывания параллельных между собой и расположенных вдоль проектной плоскости отрыва скважин сближенных скважин с зарядом уменьшенного диаметра (рис. 4.6, 4.7). Щель подготавливается до взрыва отбойных скважинных зарядов.



**Рисунок 4.6** – Схема формирования отрезной щели одновременно с взрывом отбойных скважин с некоторым опережением по времени инициирования:  $\alpha_{ст}$  – угол наклона технологических скважин;  $\alpha_{со}$  – угол наклона скважин отрезной щели; 1, 2 и 3 – номера рядов технологических скважин в приконтурной заходке

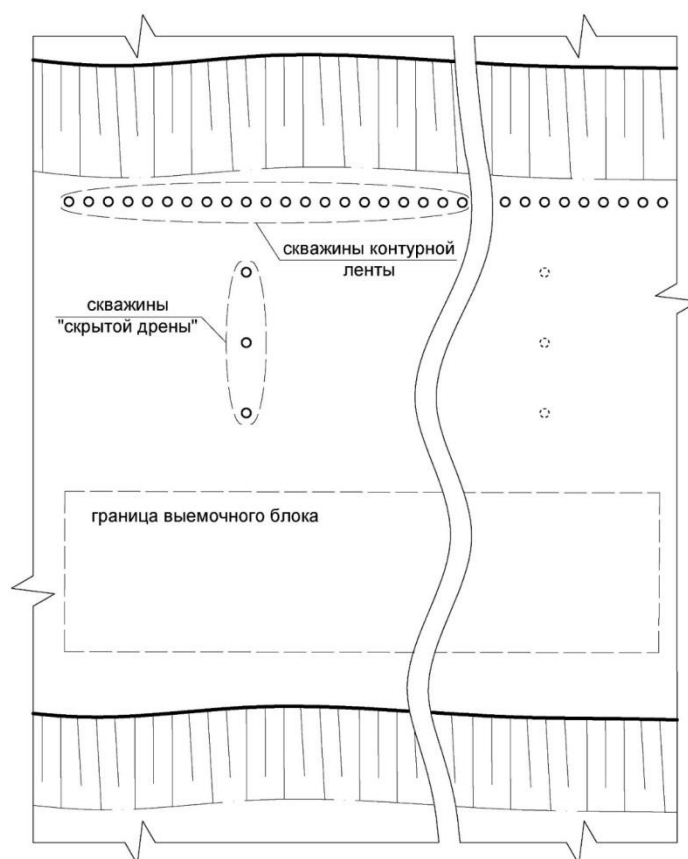


**Рисунок 4.7** – Пример качественных результатов заоткосных работ

Предварительное щелеобразование является наиболее предпочтительным способом защиты законтурного массива и может быть реализовано как в масштабах одного уступа, так и нескольких (сдвоенных, строенных).

4.4.8. Экранирующая щель на момент взрыва технологических скважин должна быть сухой. Если скважины отрезной щели на момент зарядки были обводнены, необходимо выполнить дренаж.

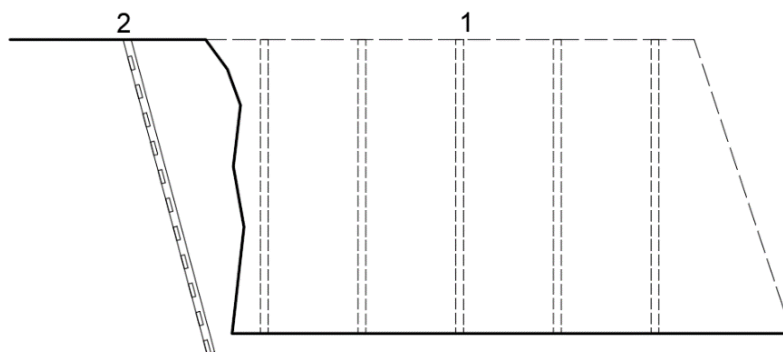
4.4.9 Один из самых простых способов устранения обводнённости состоит в создании скрытой дрены, т.е. создании зоны повышенной фильтрации (дрены), соединяющей отрезную щель с карьерным пространством (рис. 4.8). Для этого между отрезной щелью и границей приконтурной зоны по нормали к бровке погашаемого уступа бурится ряд технологических скважин. Глубина скважин должна достигать подошвы погашаемого уступа, расстояние между скважинами составляет 6 - 8 м. В скважины закладываются донные заряды весом до 50 кг, которые взрываются мгновенно не позднее, чем за 7 - 10 дней до отработки последней приконтурной заходки. В результате на уровне подошвы погашаемого уступа создается сквозная полость («скрытая дрена»), обеспечивающая возможность стока воды, поступающей из законтурного массива.



**Рисунок 4.8** – План расположения скважин отрезной щели и «скрытой дрены»

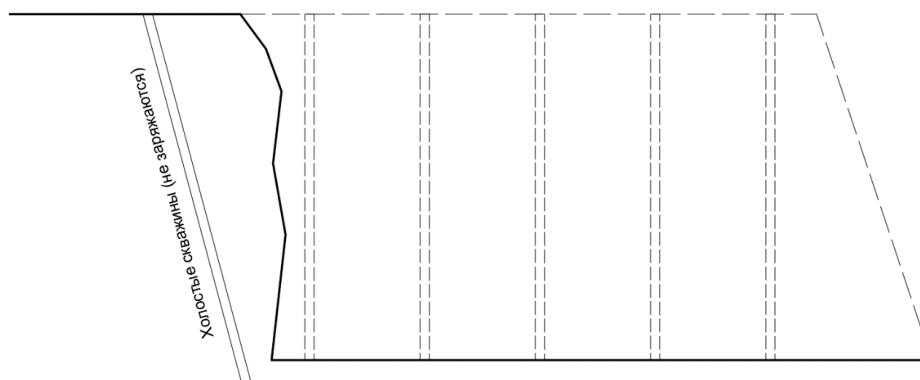
4.4.10. Последующее оконтуривание реализуется путем бурения вдоль проектной линии отрыва или непосредственно перед ней (в слабых породах) параллельных между собой и расположенных в плоскости отрыва скважин, которые заряжают линейными зарядами существенно меньшей, по сравнению с отбойными зарядами, линейной плотностью и взрывают одновременно с некоторым отставанием по отношению к отбойным скважным зарядам на блоке (рис. 4.9), т.е. отбойку породы контурными зарядами производят на свободное пространство.

Последующее оконтуривание может быть реализовано в пределах только одного уступа и не защищает окружающий породный массив от сейсмического действия взрыва отбойных скважных зарядов.



**Рисунок 4.9** – Схема формирования отрезной щели одновременно с взрывом отбойных скважин с некоторым отставанием по времени инициирования: 1, 2 – очередность взрывания

4.4.11. Специальные методы контурного взрывания основаны на использовании холостых (незаряженных) контурных скважин, расположенных на расстоянии друг от друга, равном 2-4 диаметра (рис. 4.10). На практике применяются очень редко.

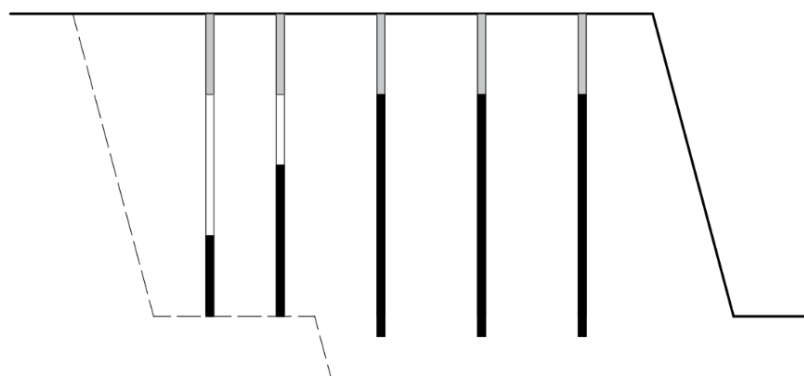


**Рисунок 4.10** – Формирование отрезной щели посредством бурения холостых контурных скважин

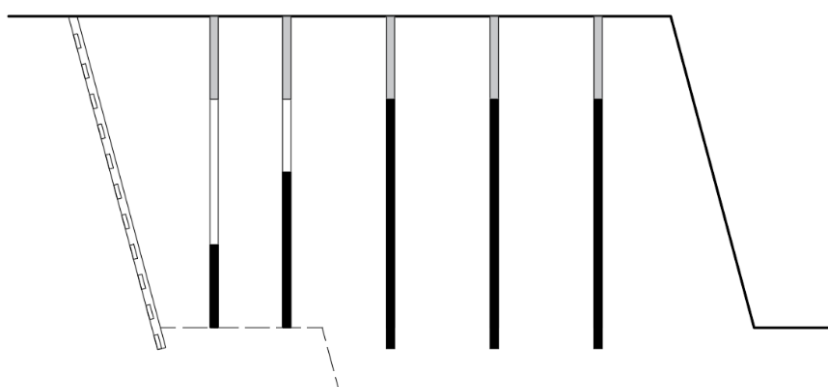
4.4.12. Метод буферного взрывания состоит в том, что последние два-три ряда отбойных скважин размещают по сгущенной сетке и заряжают соответственно меньшим количеством ВВ, уменьшая величину заряда по мере приближения к проектному контуру формируемого уступа и используя забойку и оставление воздушного промежутка между зарядом и забойкой (рис. 4.11). Схему инициирования на блоке организуют таким образом, чтобы последовательное взрывание буферных зарядов производилось на свободную поверхность (после взрыва расположенных впереди основных отбойных зарядов).

Использование метода буферного взрывания используется в слабых, сильнотрещиноватых породах, а также в случаях, когда расстояние между предельным контуром и зоной ведения взрывных работ меньше ширины зоны остаточных деформаций.

Комбинация буферного взрывания с предварительным щелеобразованием (рис. 4.12) позволяет более надежно обеспечить сохранность законтурного массива.



**Рисунок 4.11** – Схема размещения скважин при буферном взрывании



**Рисунок 4.12** – Схема размещения скважин при буферном взрывании с отрезной щелью

4.4.12. К дополнительным методам снижения техногенных нарушений относятся ограничение объема блоков, взрывааемых за один прием, изменение направления развития взрыва и использование комбинированных зарядов.

4.4.13. Ограничение объема блоков, взрывааемых за один прием, производится с учетом нескольких факторов:

- фактической конфигурации блока на момент взрыва;
- условий сейсмической безопасности охраняемых объектов;
- структурных особенностей окружающего породного массива;
- наличия на вышележащих горизонтах потенциально опасных неустойчивых участков, могущих повлечь за собой значительные обрушения после производства взрыва;
- имеющихся в распоряжении типов ВВ и средств взрывания;
- выбранной технологической схемы отбойки (предполагается ли использование контурного взрывания, буферных скважин, комбинированных схем взрывания и т.д.).

4.4.14. Изменение направления развития взрыва осуществляется путем изменения схемы инициирования и очередности взрывания отбойных скважинных зарядов, что дает возможность направить развитие взрыва, а значит и повернуть фронт ударной волны, в сторону противоположную от опасного участка.

4.4.15. Использование комбинированных зарядов применяется для регулирования интенсивности динамического нагружения окружающего породного массива. Например, при нарушенной верхней части блока основные отбойные скважины могут заряжаться ВВ разной мощности (нижняя часть - ВВ повышенной мощности, верхняя - ВВ средней или низкой мощности).

4.4.16. Методика определения основных параметров щадящего взрывания приконтурных блоков.

Основные принципы организации щадящего режима ведения взрывных работ состоят в следующем (рис. 4.13):

- граница (1) основной массовой отбойки не должна приближаться к проектному контуру уступа (при отсутствии контурной щели) ближе, чем на ширину охранной зоны  $L_{охр}$ , определяемую из условия отсутствия остаточных деформаций за пределами проектного контура уступа;

- после формирования контурной щели отбойка породы в пределах охранной зоны должна производиться в щадящем режиме, для чего охранная зона разбивается на две зоны отбойки: зону переходного блока, в пределах которого допустимо использование отбойных скважин основного рабочего диаметра, и зону приконтурного блока, в пределах которого желательно использование отбойных скважин уменьшенного диаметра (например, 165-200 мм);

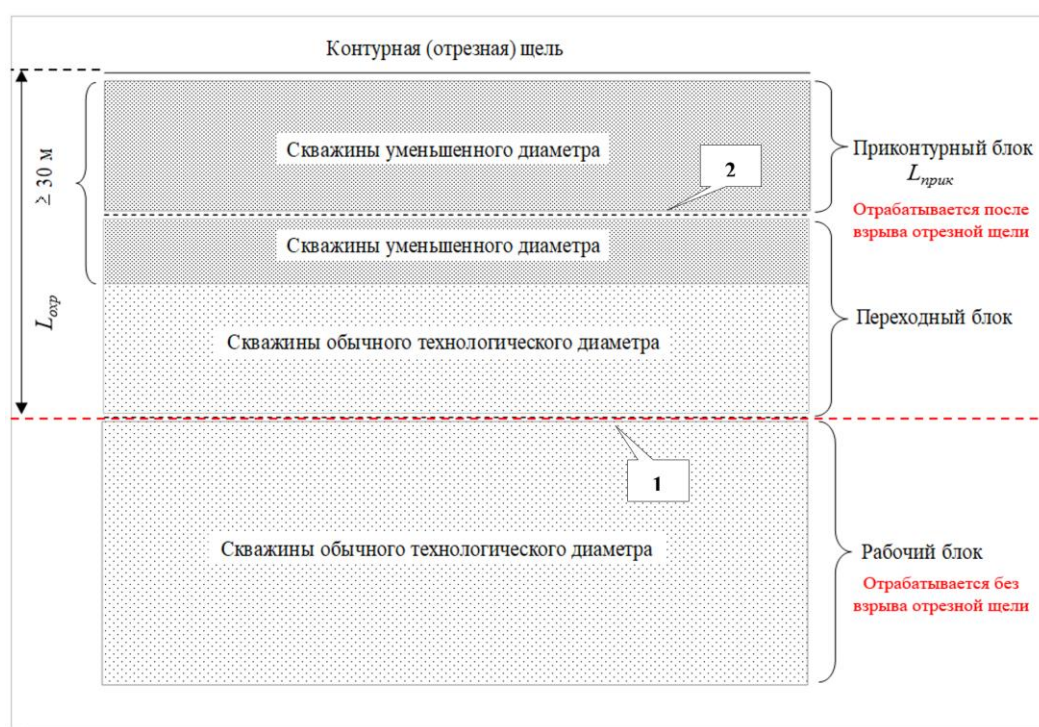
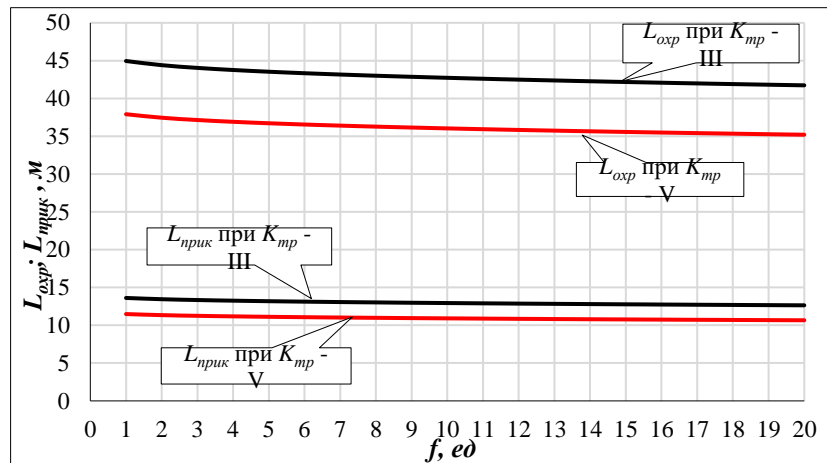


Рисунок 4.13 – Схема организации щадящего взрывания

- расстояние между границей (2) и контурной щелью должно быть меньше размера зоны нарушений при взрыве скважин основного рабочего диаметра и не меньше размера предохранительной бермы, разделяющей уступы в их предельном положении.

4.4.17. Пример расчета ширины охранной зоны ( $L_{охр}$ ) и ширины приконтурного блока ( $L_{прик}$ ) в зависимости от коэффициента крепости пород  $f$  приведен на рис. 4.14. В расчетах принято:  $\nu = 0,21$ ;  $\gamma_{вв} = 1200 \text{ кг/м}^3$ ;  $Q_T = 654 \text{ ккал/кг}$  (эмульсионное ВВ). Диаметр скважин принят 244,5 мм с длиной заряда 12 м. Расчет выполнен для двух категорий пород по трещиноватости III и V.



**Рисунок 4.14** – Изменение ширины  $L_{охр}$  охранной зоны и ширины  $L_{прик}$  приконтурного блока в зависимости от коэффициента крепости пород  $f$

4.4.17. Основные расчётные формулы для определения ширины охранной зоны и ширины приконтурного блока приведены ниже:

$$L_{охр} > 0,534 \cdot [(1 - \eta_{ост}) \cdot U_{уд}]^{1/6} \cdot \frac{Q^{1/3}}{f^{1/150}} \cdot \left(\frac{5}{K_{тр}}\right) \quad (4.5)$$

$$L_{прик} > L_{охр} \cdot \left(\nu \cdot \frac{1 - 2 \cdot \nu}{1 - \nu}\right)^{2/3} \quad (4.6)$$

$$\eta_{ост} = \frac{\gamma_0 - 1}{k - 1} \cdot \frac{373}{\gamma_{вв}} \cdot \left(\frac{\sigma_{сж}}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (4.7)$$

$$\gamma_0 = \sqrt{1 + (k^2 - 1) \cdot \left(\frac{\gamma_{вв}}{373}\right)^{\frac{k+1}{2}}} \quad (4.8)$$

$$P_0 = (\gamma_0 - 1) \cdot \gamma_{вв} \cdot U_{уд} \quad (4.9)$$

где  $\eta_{ост}$  – доля начальной энергии, оставшейся в продуктах детонации на момент полного расширения котловой полости, ед.;  $U_{уд}$  – удельная энергия ВВ ( $U_{уд} = 427 \cdot Q_T$ ,  $Q_T$  – удельная теплота взрыва, ккал/кг; 427 – механический эквивалент тепловой энергии, кгм/ккал), кгм/кг;  $Q$  – количество взрывчатого вещества в скважине, кг;  $f = \sigma_{сж}/10^6$  –



коэффициент крепости породы по шкале Протодяконова М.М., ед.;  $K_{тр}$  – категория взрывааемых пород по трещиноватости (табл. 4.2), ед.;  $\nu$  – коэффициент Пуассона породы, ед.;  $\gamma_0$  – начальный показатель адиабаты расширения высокоплотных продуктов детонации, ед.;  $k$  – показатель адиабаты расширения равновесной части продуктов детонации в рамках модели идеального газа ( $k = 1.4$ ), ед.;  $\gamma_{ВВ}$  – объемный вес ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы на сжатие, кг/м<sup>2</sup>;  $P_0$  – начальное давление продуктов детонации, кг/м<sup>2</sup>.

**Таблица 4.2** – Характеристика степени естественной трещиноватости пород по классификации Межведомственной комиссии по взрывному делу

$K_{тр}$	Характеристика степени трещиноватости	Среднее расстояние между трещинами, м
1 (I)	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	до 0,1
2 (II)	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1 ÷ 0,5
3 (III)	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5 ÷ 1,0
4 (IV)	Слаботрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0 ÷ 1,5
5 (V)	Сохранный	более 1,5

4.4.18. Мониторинг сейсмического воздействия на законтурный массив проводится для уточнения и корректировки параметров буровзрывных работ. Основным методом мониторинга являются сейсмоизмерения взрывов на различных участках карьера.

Оборудование для измерения сейсмического воздействия – сейсмомонитор в комплекте с трехкомпонентными геофонами или акселерометрами (в зависимости от целей и участков замеров).

4.4.19. Измерения колебаний от взрыва осуществляются в ближней (в пределах 50 метров от взрыва) и дальней (от 50 метров и далее) зонах взрыва.

По каждому замеру собирается следующая основная информация:

- дата взрыва;
- расположение взрывного блока в карьере.
- расположение скважин на блоке и их диаметр;
- количество ВВ в скважине;
- схема монтажа взрывной сети с интервалами замедления;
- максимальное количество одновременно взрываемого ВВ (максимальная ступень);
- общее количество ВВ в блоке;
- координаты расположения сейсмомонитора;
- расстояние от сейсмомонитора до ближайшей границы блока;



- скорости смещений породы по трем компонентам;
- смещения породы по трем компонентам;
- ускорения смещения по трем компонентам;
- доминантные частоты колебаний по трем компонентам;
- геотехнические/литологические зоны;
- основные физико-механические характеристики участка производства замеров;
- любая дополнительная информация.

Определение критериев разрушения для обеих из зон производится на основании анализа накопленного материала.

#### **4.5. Снижение влияния подземных и поверхностных вод на устойчивость бортов и уступов карьеров и разрезов**

4.5.1. Одним из способов повышения устойчивости бортов карьеров является снижение их обводнения поверхностными и подземными водами.

Средства по защите карьера от поверхностных вод включают нагорные каналы и валы, водоспускные каналы и валы, планировку территории и берм, водонепроницаемые покрытия, водоперепускные скважины, создание водосборников.

Регулирование стока дождевых, талых, технических и подземных вод, выходящих в виде источников на откосы карьера, сводится к планировке прилегающей к карьере поверхности и берм, строительству необходимой сети водосборно-водоотводных устройств, борьбе с инфильтрацией воды и размывным действием текущей воды.

Регулировка поверхностного стока целесообразна на расстоянии от предельного контура карьера, не меньше его глубины.

Территорию, прилегающую к карьере, планируют путем засыпки ям, выравнивания бугров и создания общего уклона от предельного контура карьера.

Нагорные каналы и валы служат для перехвата поверхностных вод и направления их в сторону от карьера. Канавы устраивают с достаточно большими уклонами, но безопасными от разливов. Минимальный уклон дна канавы должен быть не менее 3-4%. В соответствии со скоростями течения воды укрепляют дно и откосы канавы.

Полная глубина канавы в каждом расчетном сечении должна быть равна:

$$H_k = h_H + 0,25 \text{ м}, \quad (4.10)$$

где  $H_k$  – глубина канавы, м;  $h_H$  – глубина наполнения русла, м.

В местах большого скопления снега как временный водосток используются снеговые каналы и валы. Снеговые каналы, пройденные в снеговом покрове, предназначены для сбора талых вод и быстрого их удаления.

Снеговые валы позволяют направить талые воды в обход слабоустойчивых участков борта или оползней.

Сброс талых и дождевых вод должен осуществляться в пониженные места рельефа, имеющие выход в речную систему или водоем.

На неустойчивых участках уступов, бортов целесообразно укладывать сборные железобетонные или деревянные лотки, способные выдержать продольные взаимные смещения отдельных звеньев без разрушения конструкции в целом.

Меры против инфильтрации воды предусматривают применение древесно-кустарниковых насаждений, дренавание, мощение камнем, покрытие поверхности непроницаемым экраном.

На дне карьера организуют водосборники, ёмкость которых позволяет принимать весь объем воды поверхностного стока, и последующую откачку воды на поверхность за пределы карьера.

4.5.2. Классификация систем дренажа применительно к осушению бортов карьеров представлена в табл. 4.3.

Опережающий дренаж предполагает, что развитие депрессионной воронки происходит, до начала вскрытия, а в период эксплуатации карьера она получает или дальнейшее развитие, или поддерживается в стабильном состоянии. В соответствии с этим дренажные системы сооружают до начала горных работ, а в дальнейшем мероприятия проводят с опережением во времени.

**Таблица 4.3** – Классификация систем дренажа применительно к осушению бортов карьеров

Борт карьера	Последовательность сооружения дренажных устройств по отношению к сооружению борта	Схема дренажа	
		По расположению в плане	По расположению в разрезе
Рабочий	Опережающие, параллельные, совмещенные	Линейные, реже контурные, кустовые	Одноярусные, реже двухярусные
В предельном положении	Опережающие, совмещенные	Линейные, контурные, реже кустовые	Одноярусные, двухярусные, многоярусные

При параллельном дренаже депрессионная воронка должна развиваться параллельно с проведением горных работ, так как дренажные системы сооружают одновременно с проведением горных работ.

Совмещенный дренаж подземных вод предусматривает введение дренажных устройств в работу до начала горных работ, а затем как с опережением, так и одновременно с проведением горных работ.

Рациональные пределы дренажа устанавливают исходя из допустимых уровней подземных вод, при которых возникновение деформаций откосов маловероятно.

Уровень подземных вод и поддержание их на заданных отметках в бортах карьеров зависит от дренажных устройств, применяемых для выбранной системы дренажа.

Дренаж подземных вод осуществляют открытым водоотливом или с применением дренажных устройств, которые в соединении образуют поверхностные и подземные дренажные системы.

4.5.3. Способы защиты карьера от подземных вод представлены на рис. 4.17.



**Рисунок 4.17** – Схема классификации способов защиты карьера от подземных вод

Поверхностные дренажные системы оборудуются скважинами (водопонижающие, водопоглащающие и самоизливающие, горизонтальные), иглофильтровыми установками, а также опережающими траншеями.

Скважинами дренируются водоносные горизонты в широком диапазоне проницаемостей, при этом горизонтальные, водопоглащающие и самоизливающие не требуют применения насосного оборудования.

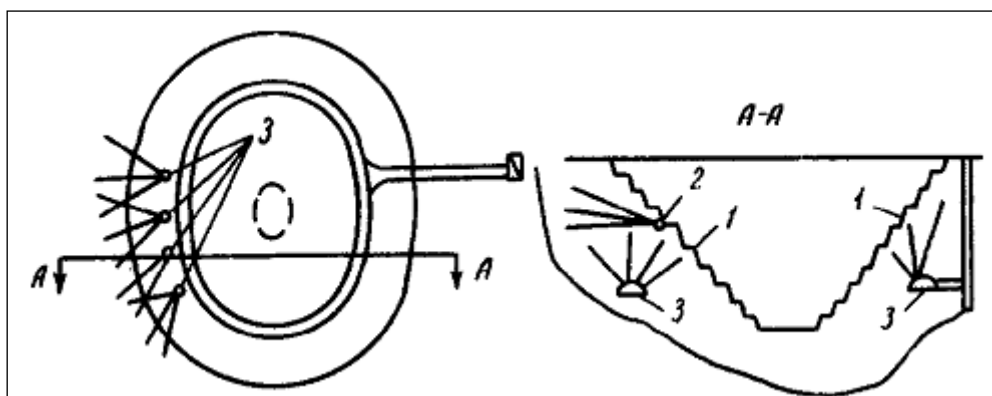
Сооружение скважин возможно с поверхности борта, внутри карьера на бермах. Небольшой промежуток ввода в действие, относительно техническая простота сооружения скважин, учет изменения условий дренирования бортов карьеров, возможность осушения прибортовой зоны небольшим количеством скважин являются их достоинствами.

4.5.4. Для дренажа подземных вод в уступах возможны комбинированные варианты водопоглощающих скважин или создание зон повышенной проницаемости взрыванием вертикальных скважин.

Для временного локального понижения уровня подземных вод в песчаных и песчано-глинистых породах применяют иглофильтровые установки (передвижные, легкие, эжекторные). Их используют в породах со сравнительно малыми коэффициентами фильтрации.

Для дренажа маломощных и неглубоких водоносных горизонтов (10-15 м) в песчано-глинистых породах применяют опережающие траншеи.

Подземные дренажные устройства можно использовать в различных по проницаемости породах. Основными элементами являются штреки, штольни, квершлагги, галереи со сквозными и восстающими фильтрами, водопонижающими колодцами и разгрузочными скважинами (рис. 4.18).

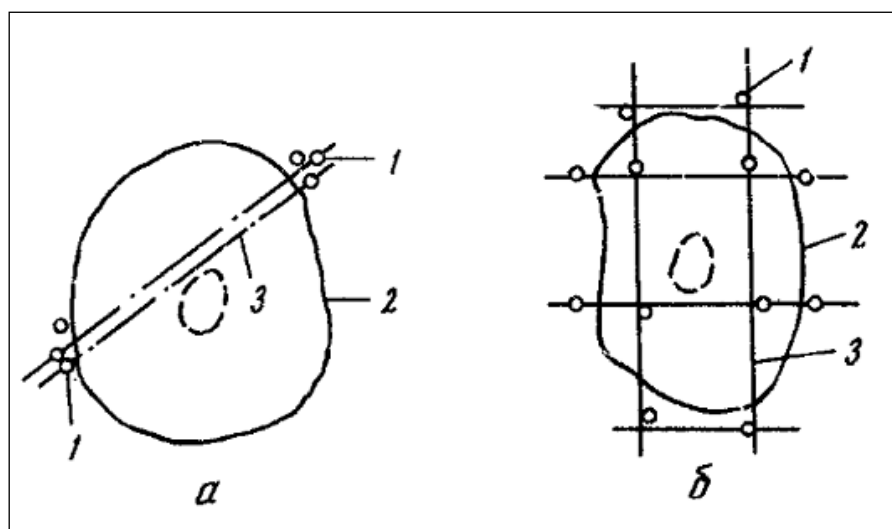


**Рисунок 4.18** – Комбинированная схема дренажа: 1 – борт карьера; 2 – кусты горизонтальных скважин; 3 – подземные дренажные выработки

При не глубоком залегании водоносных горизонтов с достаточно высокими фильтрационными свойствами рекомендуется применять барражные завесы, имеющие низкие фильтрационные свойства. Завесы сооружают на поверхности бортов и на уступах.

4.5.5. По расположению в плане дренажных устройств схемы дренажа классифицируются на дулинейные и однолинейные, контурные, сетчатые или кустовые (рис. 4.19).

При крутом и наклонном залегании слоев и высокой водопроницаемости пород дренажные устройства располагаются в виде рядов (линейная схема). Эффективность их работы возрастает при ограниченной ширине потока. Применяется поверхностная дренажная система (водопонижающие, водопоглощающие и горизонтальные скважины, иглофильтры, барражные завесы).



**Рисунок 4.19** – Схема расположения дренажных устройств: *а* – кустовая схема (1 – дренажные скважины; 2 – контур карьера; 3 – тектонические трещины); *б* – контурная схема (1 – дренажные скважины; 2 – контур карьера; 3 – профили)

При горизонтальном залегании водоносных пород, имеющих различную водопроницаемость, дренажные устройства располагаются по периметру карьера в виде окружности, эллипса, многоугольника (контурные схемы дренажа). Применяются как подземные, так и поверхностные системы дренажа, возможны комбинации, а также барражные завесы. При относительно равномерной обводненности и слабой водопроницаемости пород, дренажные устройства могут располагаться по сетке, отдельные ряды которой имеют более или менее правильную форму (сетчатая схема). Эта схема применяется, когда линейная или контурная схема не дает нужного эффекта.

При линзообразном залегании водоносного горизонта или наличии водообильных зон тектонических нарушений, закарстованности водоносных пород сооружают кустовую схему дренажа в виде отдельных групп. Применяются поверхностные дренажные системы.

Выбор дренажной системы в зависимости от геологических, гидрогеологических и структурных условий месторождений предварительно может быть сделан по аналогии с типизацией карьеров цветной металлургии. Окончательный выбор дренажной системы проводится на основании гидрогеологических расчетов, устанавливающих пределы и эффективность дренажа подземных вод.

#### **4.6. Обеспечение устойчивости при ликвидации карьеров и отвалов**

4.6.1. После полной отработки карьера производятся мероприятия по ликвидации карьеров и отвалов. При проведении данных работ должна обеспечиваться устойчивость откосов.

4.6.2. При выполнении расчетов устойчивости откосов на момент ликвидации карьеров и отвалов учитываются возможные негативные сценарии, которые могут возникнуть при:

- прекращении работ по дренированию подземных вод;
- локальном обрушении уступов, участков бортов и откосов отвалов.

4.6.3. При заполнении выработанного пространства вскрышными породами, хвостами обогащения или водой производится оценка устойчивости откосов с учетом этапов работ по заполнению выработанного пространства.

4.6.4. При заполнении карьера породой устойчивость бортов карьера повышается. После полной засыпки карьера в течение продолжительного времени будет происходить уплотнение горной породы, вследствие чего может образовываться просадка внутри карьерного поля. Для осуществления строительства капитальных зданий и сооружений, а также других различных объектов инфраструктуры, оценивается возможность дальнейших просадок при привлечении специализированной организации.

4.6.5. При полном затоплении карьера верхняя часть борта превращается в берег водоема. Под воздействием воды происходит переформирование берега из-за разуплотнения поверхностного слоя до текучего состояния и динамического действия прибойной волны. Необходимо оценить ширину зоны поверхностного слоя и время, через которое она будет сработана образовавшимся водоемом.

4.6.6. При неполном затоплении карьера, в зоне влияния которого находятся объекты инфраструктуры, разрабатываются критерии безопасности, а также осуществляется мониторинг за устойчивостью бортов карьера на основе инструментальных маркшейдерских наблюдений, включающих в себя периодичность и точность выполняемых съемок, устанавливается срок после ликвидации, в течение которого осуществляется мониторинг. Разработка критериев безопасности и системы мониторинга производится специализированной организацией для каждого рассматриваемого объекта индивидуально.

4.6.7. При неполном затоплении по периметру карьера за зоной влияния возможной призмы обрушения во избежание случайного попадания людей в потенциально опасную зону устанавливаются ограждения.

4.6.8. В случае, когда выработанное пространство остается незаполненным вскрышными породами или водой, борта карьеров, разрезов со временем могут подвергаться деформациям, оползням и обрушениям из-за физического и/или химического выветривания пород, слагающих массив, а также за счет повышения уровня воды в борте карьера. Проектом ликвидации карьера устанавливаются условия содержания карьера.

4.6.9. При ликвидации карьера дренирование подземных вод прекращается (если оно осуществлялось), вследствие чего произойдет естественное затопление карьера. При затоплении карьера в большинстве случаев наиболее опасный уровень воды составляет  $1/3$  высоты борта.

4.6.10. При возможном обрушении бортов карьера вследствие поднятия уровня воды производится расчет параметров ожидаемой деформации, максимальные смещения и их скорости, и определяется время начала активной стадии оползня.

### Список использованных источников

1. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. 2-е изд. – Госгортехнадзор России, 2002. – 31 с.
2. Руководство по проектированию бортов карьера [Текст] / [Питер Стейси и др.]; под ред.: Джон Рид, Питер Стейси; [пер. с англ.: А. С. Бентхен] // Екатеринбург: Правовед: Полиметалл, сор. 2015. – 527 с.
3. Guidelines for Slope Performance Monitoring. Editors: R.Sharon, E.Eberhardt – CSIRO Publishing, 2020. – p. 331.
4. Правила обеспечения устойчивости откосов на разрезах // СПб: ВНИМИ. 1998. 208 с.
5. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1970. – 123 с.
6. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. – Л.: ВНИМИ. –1987. – 118 с.
7. Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 126 с.
8. Методическое руководство по искусственному укреплению откосов скальных и полускальных пород на карьерах. – Л.: ВНИМИ, 1967. – 159 с.
9. Slope stability prism monitoring: a guide for practising mine surveyors. Huw Gareth Thomas – Johannesburg, 2011. – p. 123.
10. Горбунов В.А., Кантемиров Ю.И. Результаты космического радарного мониторинга деформаций бортов и уступов карьеров ОАО «Гайский ГОК» и смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия // GEOMATICS №2'2013. – С.70-76.
11. Макаров А.Б., Ананин А.И., Спирин В.И. Радарный мониторинг устойчивости бортов карьеров // Сборник научных трудов ВНИИцветмет. – С.15-28.



## 5. Приложения

### Приложение А – Деформации откосов различных масштабов

#### Пример деформации борта карьера

В формировании крупномасштабных деформаций в масштабе бортов карьера играет роль совокупность всех факторов – структуры различных рангов, прочностные свойства пород, обводненность борта и поровое давление в породном массиве.

Деформации бортов карьера могут иметь наиболее масштабные последствия.

В качестве примера, деформация борта полиметаллического карьера, имеющего глубину разработки: 1200 м. Горняки были готовы к неблагоприятному развитию событий, так как информация об опасном движении борта карьера поступала задолго до деформации, но принятые меры по её стабилизации результатов не дали и объем деформации превысил прогнозные значения, в результате чего пострадала техника и внутрикарьерная инфраструктура. После произошедшей деформации были предприняты меры по переносу некоторых административных зданий, находящихся у борта карьера и созданию дополнительного съезда (рис. 5.1).



**Рисунок 5.1** – Деформация борта полиметаллического карьера

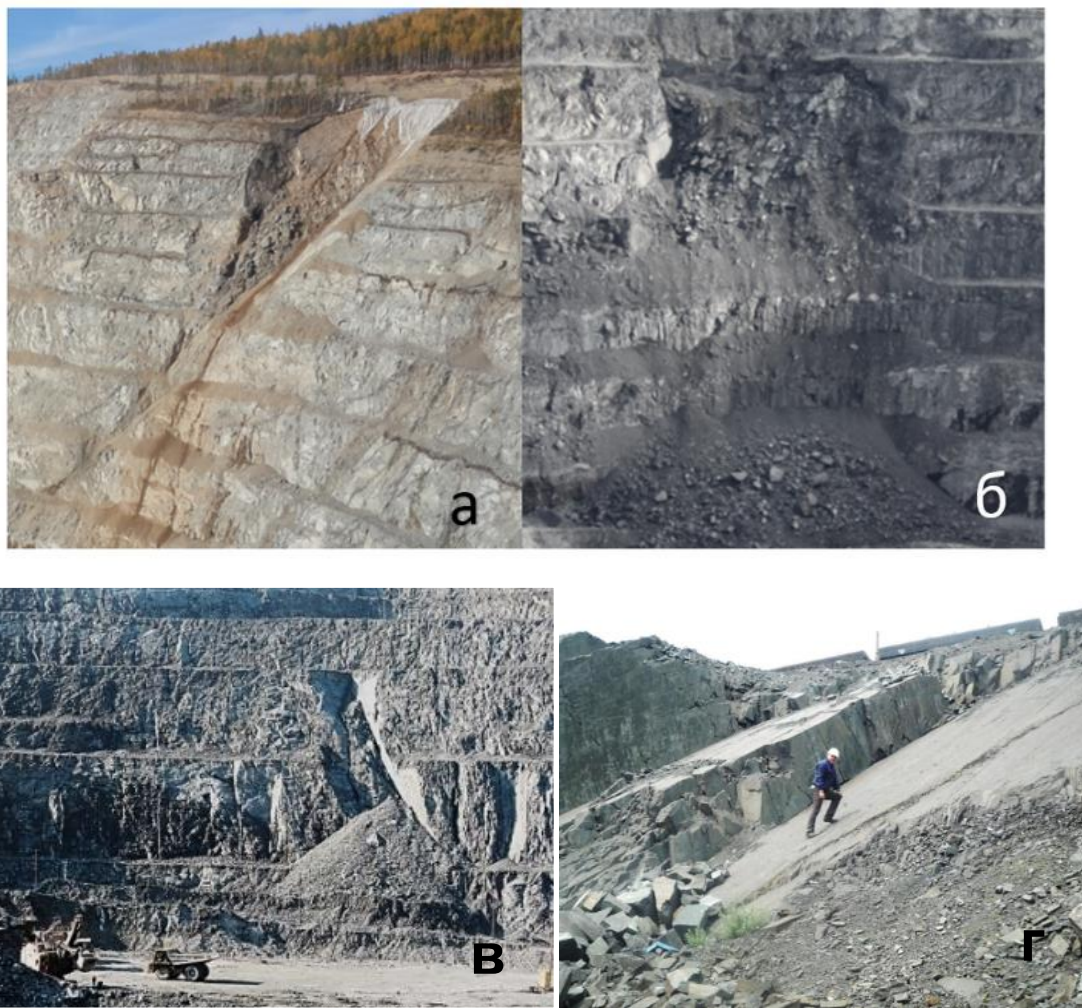
После произошедшей деформации была усилена система мониторинга, в том числе с применением систем автоматизированного и глубинного мониторинга.

### Пример деформаций групп уступов (макродеформации)

Деформации групп уступов (макродеформации) в скальных, полускальных породах обусловлены наличием протяженных поверхностей ослабления (разломов, слоистости), а также зон распространения слабых или дезинтегрированных пород, участков обводнения.

Макродеформации представляют наибольшую опасность для персонала и могут серьезно нарушить производственный процесс, в особенности, если они захватывают транспортные бермы и/или рабочие уступы.

Примеры крупных деформаций откосов приведены на рис. 5.2.



**Рисунок 5.2** – Пример фактических макродеформаций: а, в - клиновидные деформация;  
б – деформация опрокидывания, г – плоская деформация

### Пример деформаций уступов

Деформации уступов в скальных, полускальных породах обусловлены наличием систем протяженных трещин, мелких разрывных нарушений (разломов), сланцеватости, локальных зон слабых или дезинтегрированных пород, участков обводнения. Дополнительный ослабляющий эффект на законтурный массив оказывают взрывные работы при оформлении уступов.

В крепких скальных породах максимально достижимый генеральный угол борта во многом обуславливается конструктивными параметрами уступов и берм, в таких условиях обеспечение локальной устойчивости уступов имеет первостепенное значение. Для обеспечения минимальных рисков уступы не должны обрушаться слишком часто, а ширина берм должна быть достаточной, чтобы обеспечивать улавливающую способность в случае обрушения. В качестве примера - деформации уступов на карьере, глубиной 260 м (рис. 5.3).

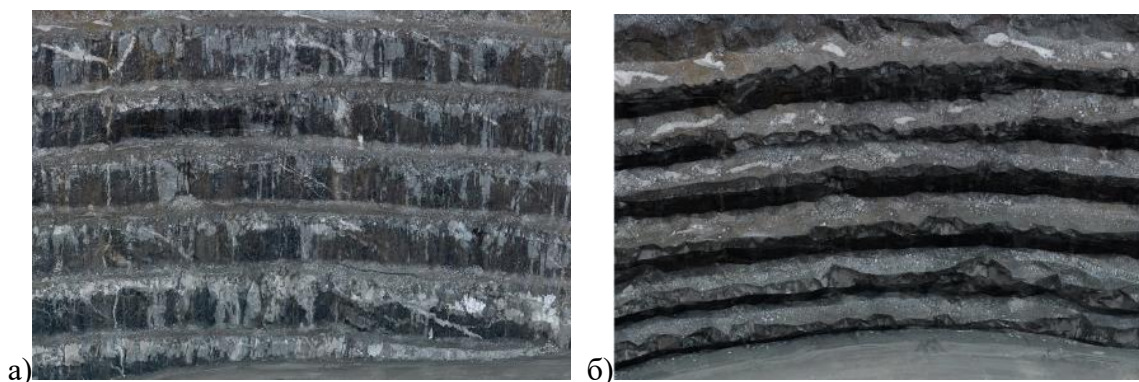
Основная проблема с устойчивостью данного карьера связана с обрушением уступов в западном борту. Это явилось результатом неблагоприятных структур под углом  $55^\circ$ . Потеря устойчивости по этим структурам в сочетании с ведением взрывных работ приводит к вывалам, объем которых может составлять от нескольких десятков, до нескольких тысяч  $\text{м}^3$ .



**Рисунок 5.3** – Деформации уступов на карьере

Пример устойчивого состояния уступов приведен на рисунке ниже (рис. 5.4). Даже при хорошем оформлении уступов в крепких скальных породах и при относительно благоприятном залегании структур могут происходить мелкие вывалы, нарушающие верхнюю бровку уступов. Однако, такие деформации не представляют рисков, так как обеспечивается улавливающая способность берм.





**Рисунок 5.4** – Пример устойчивого состояния уступов: а) фронтальный вид, б) вид сверху

#### **Пример осыпей и камнепадов**

Деформации осыпания и камнепады возникают за счет нарушения верхней бровки уступов влиянием взрывных работ и процессами выветривания.

Риск камнепада часто имеет место в случае крутых углов уступов и/или участков борта между транспортными съездами или при большой высоте уступов. Чем большее количество уступов располагается между транспортными съездами, тем больше риск попадания камней на транспортный съезд или рабочий горизонт (рис. 5.5).



**Рисунок 5.5** – Пример участка осыпания и камнепада

#### **Пример деформаций отвалов**

Риски на действующих отвалах могут возникнуть в зоне ведения горных работ и в случае, если в зоне возможного оползания отвала располагается инфраструктура обрабатываемого месторождения или природоохранные объекты.

Пример оползней на отвалах угольных разрезов представлен на рис. 5.6.



**Рисунок 5.6 – Деформация яруса и всего отвала**

## Приложение Б – Реестр геомеханических рисков

Примерная форма реестра выявленных рисков представлена в табл. 5.1. Оценка риска с определением категории по матрице рисков может быть показана как до, так и после успешного реализация мер по снижению риска.

**Таблица 5.1** – 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
Деформация бортов	<ul style="list-style-type: none"> <li>Залегание слоистости изучено не для всех секторов карьеров</li> <li>Не все разломы в структурной модели остаются изученными</li> <li>Неопределенность границы промерзания и уровней грунтовых вод</li> <li>оползания откосов, связанные с пластическими деформациями в пределах многолетнемерзлых пород</li> <li>Снижение прочности пород при размокании</li> <li>Измененные песчаники с пониженными свойствами находятся в нижней части бортов проектных контуров (сложные механизмы деформирования)</li> </ul>	D4 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выполнение программы геомеханического доизучения</li> <li>Детализация структурных моделей</li> <li>Создание гидрогеологической модели с величинами порового давления</li> <li>Моделирование устойчивости бортов методами предельного равновесия и конечных элементов с оптимизацией параметров проектных углов</li> <li>Организация комплексного мониторинга</li> </ul>	D3 (Средний) - D2 (Низкий)	При выявлении критических деформаций может потребоваться корректировка проекта
Макроблоки потенциального обрушения групп уступов	<ul style="list-style-type: none"> <li>Разломы и их сочетания неблагоприятного залегания к откосу</li> <li>Не все разломы в структурной модели остаются изученными</li> </ul>	C4 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выполнение программы геомеханического доизучения</li> <li>Детализация структурных моделей</li> <li>Анализ устойчивости макроблоков в проектных контурах карьеров</li> <li>Организация комплексного мониторинга</li> </ul>	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"> <li>Слоистость, пересекающая откосы уступов</li> <li>Недоизученность залегания слоистости на проектном контуре</li> </ul>	B3 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выполнение программы геомеханического доизучения</li> <li>Обоснование оптимальных проектных параметров уступов</li> </ul>	B2 (Средний) - B1 (Низкий)	При интенсификации вывалов, на рабочей площадке устанавливается опасная зона и работы производятся по

	<ul style="list-style-type: none"> <li>В существующих проектах не учитывается в полной мере влияние слоистости на устойчивость</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Организация специальных методов взрывания при подходе к проектному контуру</li> </ul>		специальным наряд-допускам
Камнепад	<ul style="list-style-type: none"> <li>Участки с высокими группами уступов</li> <li>Возможность проскакивания обрушаемого материала на рабочую площадку / транспортный съезд</li> </ul>	В2 (Средний)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Визуальный мониторинг</li> <li>Организация специальных методов взрывания при подходе к проектному контуру</li> <li>Зачистка берм, оборка заколов. Установка заградительных барьеров и камнеулавливающих сооружений</li> </ul>	В1 (Низкий)	При интенсификации камнепада, на рабочей площадке устанавливается опасная зона и работы производятся по специальным наряд-допускам
Деформирование отвалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>Размещение отвала на слабом контакте в основании</li> <li>Наклонное основание</li> </ul>	С3 (Средний)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Визуальный и инструментальный мониторинг</li> <li>Технология отсыпки отвала, обеспечивающая уплотнение нижнего слоя (предотвал)</li> </ul>	С2 (Низкий)	При обнаружении на ярусах отвала трещин раскрытия и смещения нижней бровки отвала, на рабочей площадке устанавливается опасная зона и работы производятся по специальным наряд-допускам
Деформации бортов при влиянии сейсмике землетрясений	<ul style="list-style-type: none"> <li>Район месторождений относится к 9-балльной зоне по шкале MSK-64</li> <li>Неопределенность геомеханических данных</li> </ul>	Е4 (Средний)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выполнение программы геомеханического доизучения</li> <li>Детализация структурных моделей</li> <li>Создание гидрогеологической модели с величинами порового давления</li> <li>Моделирование устойчивости бортов методами предельного равновесия и конечных элементов и оптимизация параметров проектных углов с учетом сейсмике землетрясений</li> </ul>	Е2 (Низкий)	При выявлении критических деформаций может потребоваться корректировка проекта

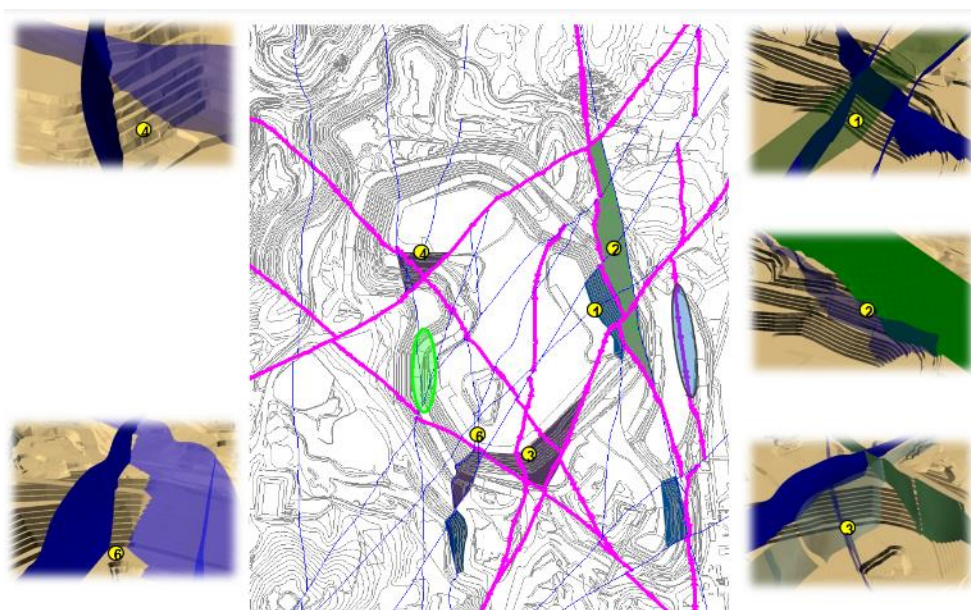


## Приложение В – Идентификация геомеханических рисков

### *Макродеформации*

Риск возникновения макродеформаций может быть выявлен на стадии проектирования на основе анализа структурной модели, на стадии эксплуатации по результатам мониторинга и пополнения структурной модели.

В процессе анализа макродеформаций, потенциальные макровывалы картируются на плане карьера (рис. 5.7) и по результатам оценки устойчивости даются рекомендации по необходимым изменениям в параметрах конструктивных элементов уступов или геометрии бортов карьера.

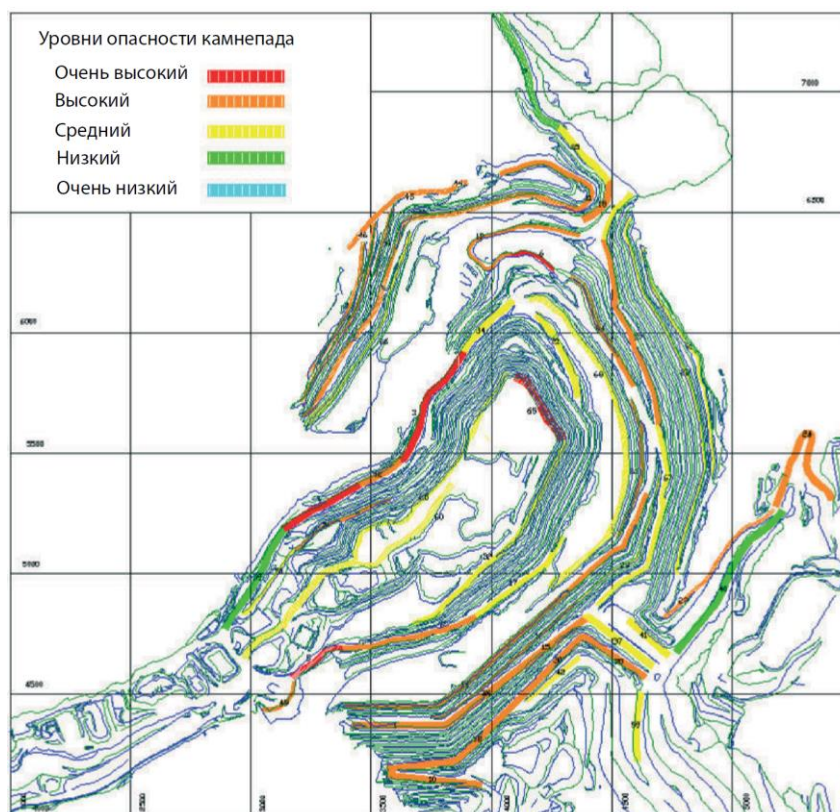


**Рисунок 5.7** – Пример идентификации потенциальных макровывалов в бортах карьера

### *Мелкие вывалы и камнепады*

Регулярные осмотры уступов и берм помогают определить эффективность улавливания камнепадов вдоль определенного уступа и выявить очаги их образования.

При эксплуатации карьера его сектора могут картироваться по интенсивности/опасности камнепада. Пример районирования по интенсивности камнепада представлен на рис. 5.8.



**Рисунок 5.8** – Районирование по степени опасности камнепада

Данные уровни опасности камнепада оцениваются по совокупности следующих критериев:

- высота и угол откосов;
- проведение на вышележащих горизонтах горных работ;
- состояние улавливающих берм и проведение бульдозерных зачисток берм;
- состояние откосов уступов и интенсивность оборки;
- наличие и эффективность камнеулавливающих сооружений.

По мере изменения контура карьера результаты районирования периодически уточняются для общей оценки эффективности контроля камнепадов и определения необходимости дополнительных мероприятий по снижению рисков, которыми могут являться задание границы опасной зоны у нижней бровки откоса; установка камнеулавливающих и защитных сооружений и т.д.

В качестве примера выбора уровней опасности камнепада, приведена классификация [2] в табл. 5.2.

Таблица 5.2 - Пример классификации опасностей камнепада

Ведутся ли выше горно-добычные работы?	Состояние уступов и бортов уступов		Состояние камнезащитной стенки	Уровень опасности
	ВЫБЕРИТЕ НАИХУДШИЙ ВАРИАНТ СОСТОЯНИЯ А ИЛИ Б			
НЕТ или на расстоянии более 40 м от верхней бровки	А	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Хорошее	Очень низкий
		Уступы не нарушены, бермы зачищены	Среднее	Низкий
	Б	Хорошая оборка, нет неблагоприятной структуры	Плохое	Средний
		Уступы разрушаются и/или бермы завалены до половины	Хорошее	Низкий
	А	Уступы разрушаются и/или бермы завалены до половины	Среднее	Средний
		Посредственная оборка, есть неблагоприятная или открытая структура	Плохое	Высокий
	Б	Уступы разрушены и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Средний
		Плохая оборка, обрушения в масштабе уступа, нависающие глыбы	Среднее	Высокий
А	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Хорошее	Низкий	
	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Среднее	Низкий	
Б	Хорошая оборка, нет неблагоприятной структуры	Плохое	Средний	
	Уступы разрушаются и/или бермы завалены до половины	Хорошее	Низкий	
А	Уступы разрушаются и/или бермы завалены до половины	Среднее	Средний	
	Посредственная оборка, есть неблагоприятная или открытая структура	Плохое	Высокий	
Б	Уступы разрушены и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Средний	
	Плохая оборка, обрушения в масштабе уступа, нависающие глыбы	Среднее	Высокий	
А	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Хорошее	Очень высокий	
	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Среднее	Очень высокий	
Б	Хорошая оборка, нет неблагоприятной структуры	Плохое	Очень высокий	
	Уступы разрушаются и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Очень высокий	
А	Уступы разрушаются и/или бермы полностью завалены	Среднее	Очень высокий	
	Посредственная оборка, есть неблагоприятная или открытая структура	Плохое	Очень высокий	
Б	Уступы разрушены и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Очень высокий	
	Плохая оборка, обрушения в масштабе уступа, нависающие глыбы	Среднее	Очень высокий	
А	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Хорошее	Очень высокий	
	Уступы не нарушены, бермы зачищены	Среднее	Очень высокий	
Б	Хорошая оборка, нет неблагоприятной структуры	Плохое	Очень высокий	
	Уступы разрушаются и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Очень высокий	
А	Уступы разрушаются и/или бермы полностью завалены	Среднее	Очень высокий	
	Посредственная оборка, есть неблагоприятная или открытая структура	Плохое	Очень высокий	
Б	Уступы разрушены и/или бермы полностью завалены	Хорошее	Очень высокий	
	Плохая оборка, обрушения в масштабе уступа, нависающие глыбы	Среднее	Очень высокий	

Для использования данной таблицы применяются следующие характеристики:

Оборка:

- хорошая – нет заколов, чистая верхняя бровка;
- удовлетворительная – некоторое количество заколов и обрушений верхней бровки;
- плохая – большое количество заколов, неровная и обрушающаяся верхняя бровка.

Состояние камнеулавливающего сооружения:

- хорошее – сооружение высотой >2 м. на расстоянии >5 м. от подошвы уступа;
- среднее – сооружение высотой >2 м. на расстоянии 1-5 м. от подошвы уступа;
- плохое – отсутствие сооружения или оно не обеспечивает в полной мере улавливающую способность (прерывается, его высота около 0,5 м или оно находится на расстоянии < 1 м. от подошвы уступа).

Данная классификация может быть модифицирована применительно к условиям месторождения. Необходимость установки камнезащитной стенки или применение других мероприятий для защиты от камнепада определяется по решению эксплуатирующей организации.

Для оценки участков образования мелких вывалов и камнепада при постановке уступов в предельное положение может использоваться метод контроля исполнения проектных параметров [2], который заключается в оценке корректности проектирования, ведения работ по рыхлению и выемке горных пород.

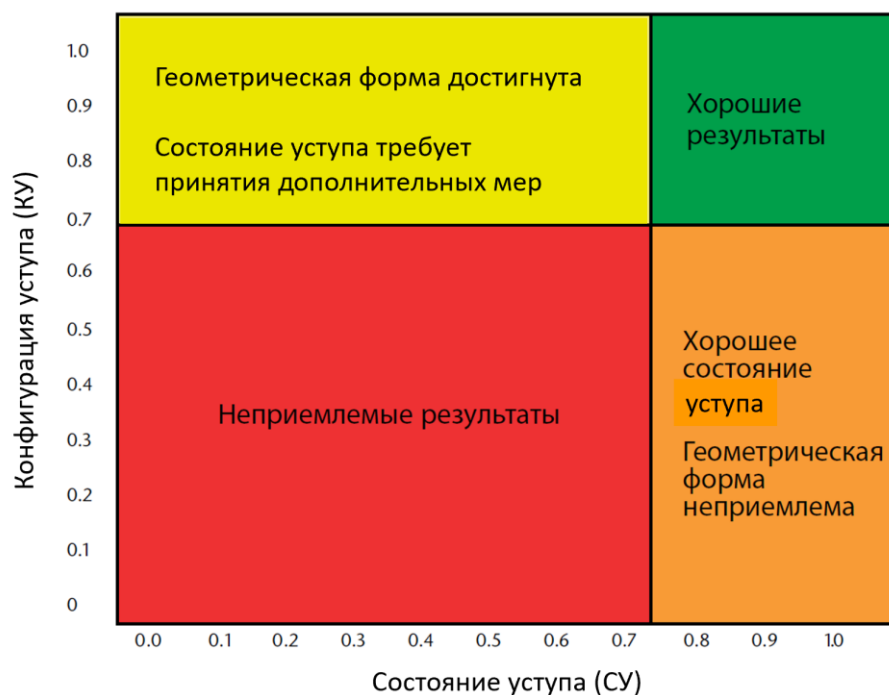
Методика работ заключается в определении следующих компонент:

- степень соответствия проектным параметрам, (Конфигурация уступа - КУ);
- фактическое состояние уступов по результатам визуального обследования (Состояние уступа - СУ).

Критерии оценки данных компонент в пределах 0-100% представлены в табл. 5.3 и наносятся на диаграмму на рис. 5.9.

**Таблица 5.3** – Компоненты оценки постановки уступов в проектное положение (КУ, СУ)

Конфигурация уступа (КУ)			Состояние уступа (СУ)				
Компонент (взвешенная величина)	Присвоенные величины	Примечания	Компонент (взвешенная величина)	Присвоенные величины	Примечания		
Угол откоса уступа (50%)	≥ проектной величины	50	Видимые следы оставшихся скважин (20%)	≥ 80%	20	Если следы оставшихся скважин видны только в нижней части уступа, снизить значение на 5–10 пунктов	
	Проектная величина – 3°	25		70–80%	15		
	Проектная величина – 5°	10		60–70%	12		
	Проектная величина – 10°	0		50–60%	8		
Ширина бермы (40%)	≥ проектной величины	40	Повреждение ненарушенных пород (15%)	< 1/м <sup>3</sup>	15	Субъективная оценка, интерполяция в интервале 0–15	
	Проектная величина – 1 м	35		> 5/м <sup>3</sup>	0		
	Проектная величина – 2 м	25	Открытые трещины (10%)	Все закрытые — 10	10	Субъективная оценка, интерполяция в интервале 0–10	
	Проектная величина – 3 м	15		Много открытых — 0	0		
	Проектная величина – 5 м	0		Несвязанные обломки породы на откосе уступа (20%)	Отсутствие валунов		20
Положение подошвы уступа (10%)	По проекту	10	Несколько небольших валунов		15		
	Проектная величина – 1 м	8	Большие глыбы	10			
	Проектная величина – 2 м	5	Много глыб	0			
Проектная величина – 3 м	0	Достигнуто ли проектное положение подошвы уступа?	Профиль уступа (20%)	Прямой	20	Форма поверхности уступа	
	Проектная величина – 3 м			0	Прямая подошва		10
			Проектная величина – 3 м	0	Состояние верхней бровки уступа (15%)	Зависание породы на бровке	5
	Проектная величина – 3 м			0		Неровная поверхность борта	0
Проектная величина – 3 м		0	Достигнуто ли проектное положение подошвы уступа?	Состояние верхней бровки уступа (15%)	Достигнуто необходимое состояние	15	При наличии несвязанных пород на бровке вычесть еще 0–5 пунктов
	Проектная величина – 3 м	0			Разрушение < 1 м	12	
		Проектная величина – 3 м			0	Разрушение 1–2 м	
	Проектная величина – 3 м				0	Проектная величина – 3 м	
Проектная величина – 3 м		0	Проектная величина – 3 м	Разрушение > 3 м	0		



**Рисунок 5.9** – Диаграмма для оценки результатов постановки уступов в проектное положение

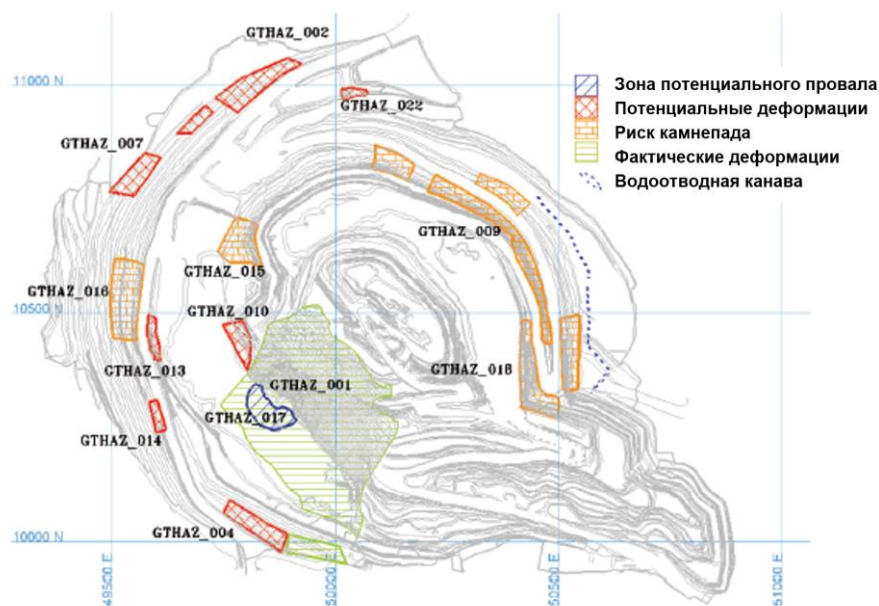
Хорошим результатом считается, если оба показателя имеют значения выше 70%. Использование данной методики необходимо адаптировать к условиям обрабатываемого месторождения.

При необходимости составляется план карьера с результатами оценки постановки уступов в проектное положение и при необходимости разрабатываются мероприятия по корректировке технологии ведения горных работ.



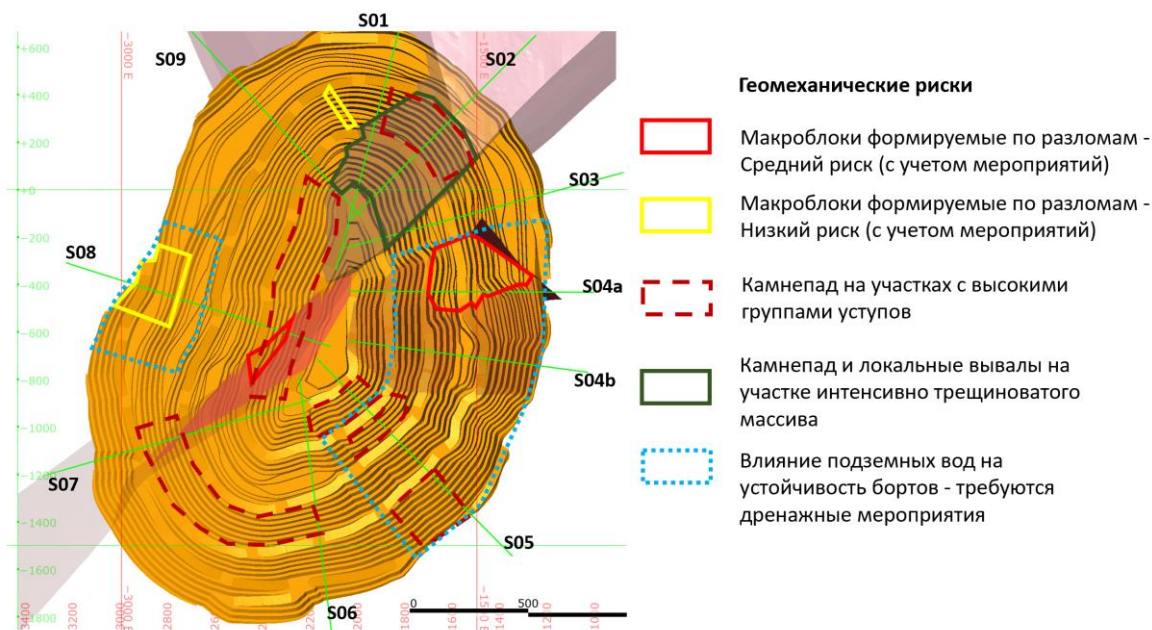
## Приложение Г – Карты геомеханических рисков

Пример локализации рисков на действующем карьере показан на рис. 5.10.



**Рисунок 5.10** – Пример карты рисков по видам рисков на эксплуатируемом карьере

Для проектируемого карьера составляется карта рисков по результатам оценки рисков, пример которой представлен на рисунке ниже (рис. 5.11). На карте приведены риски, связанные с формированием макроблоков, камнепадом и влиянием подземных вод на устойчивость бортов. На отмеченных участках геомеханические риски не превышают «среднего» уровня, так как соблюдаются условия нормативных критериев устойчивости с организацией мероприятий по мониторингу, дренажу и др.

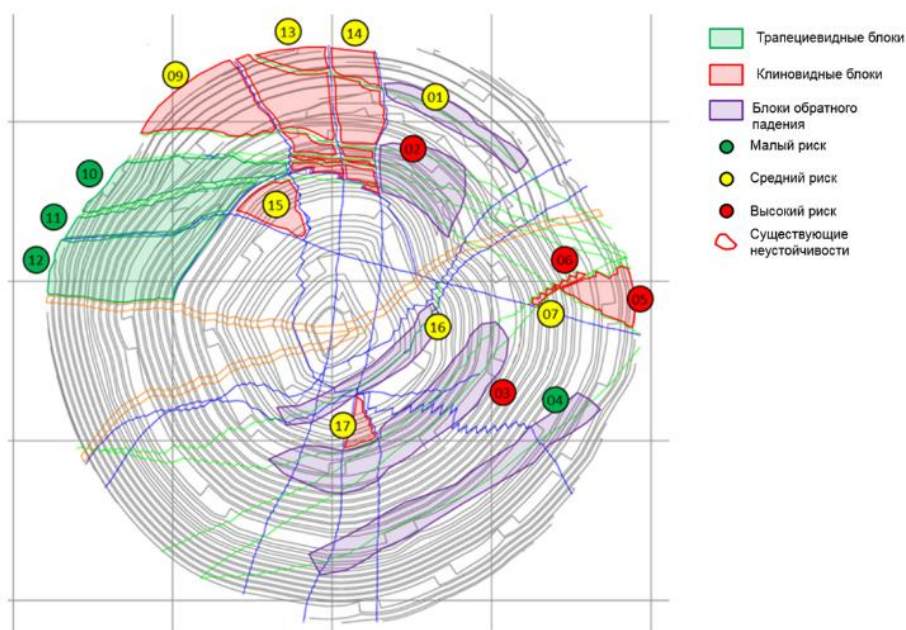


**Рисунок 5.11** – Пример карты рисков по видам и уровням рисков на проектируемом карьере

В примере на рис. 5.12 по результатам анализа устойчивости всех возможных макроблоков потенциального обрушения в поле проектного контура карьера выделены участки с малым, средним и высоким уровнем потенциального риска. Такой анализ может быть выполнен как количественно, с расчетом вероятности обрушения, так и качественно, на основе экспертных оценок наиболее неблагоприятных структур и поверхностей ослабления.

В рассмотренном примере величина риска зависит от вероятности обрушения, которая может рассчитываться количественно для каждого макроблока потенциального обрушения. Потенциальное воздействие последствий от обрушений примерно одинаково в разных секторах карьера и характеризуется как средняя тяжесть последствий в связи с одним равномерно расположенным кольцевым транспортным съездом и отсутствием внутрикарьерной инфраструктуры в контуре карьера.

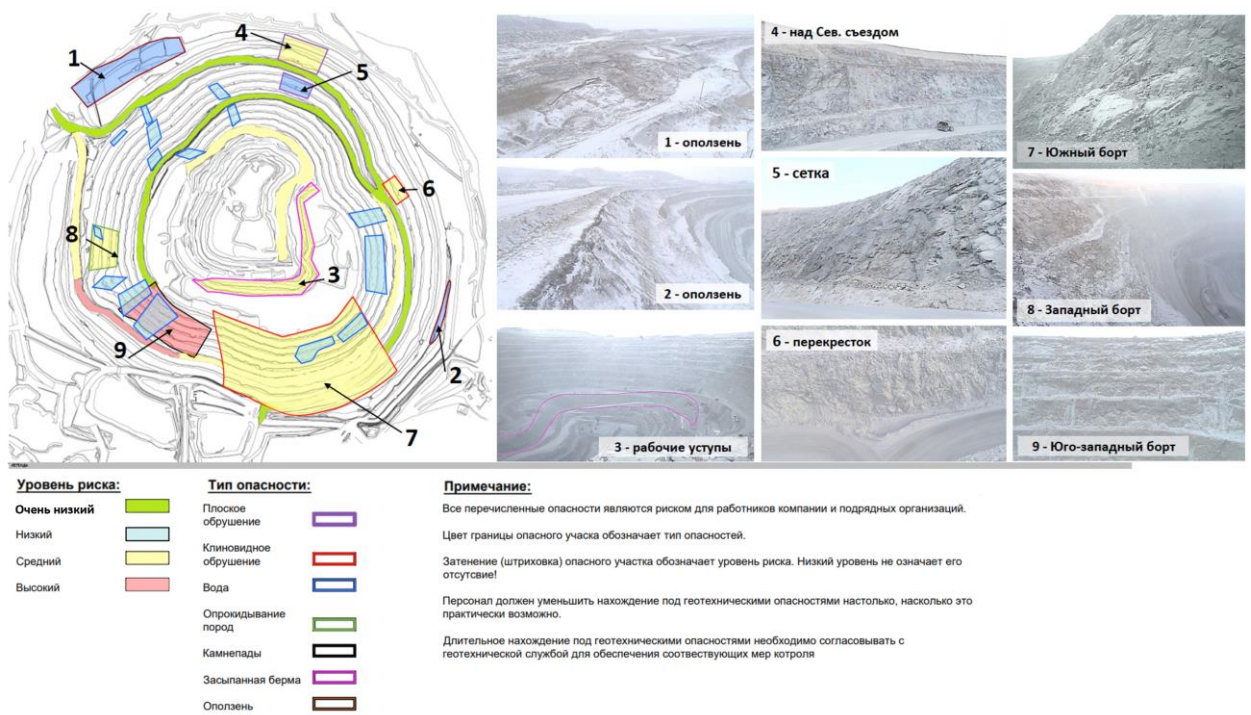
Данная карта с результатами районирования рисков учитывается при организации мониторинга и выработке мероприятий по снижению рисков.



**Рисунок 5.12** – Пример районирования карьера по уровню рисков макродоформаций

Для действующего карьера карта рисков корректируется по результатам мониторинга (рис. 5.13). Карта рисков для наглядности может дополняться фотографиями и может быть вывешена в общедоступных местах для ознакомления всех сотрудников эксплуатирующей организации.





**Рисунок 5.13** – Пример карты рисков по видам и уровням рисков на эксплуатируемом карьере

Карты рисков уточняются на всех этапах эксплуатации месторождения.

## Приложение Д - Создание геомеханической службы

Для решения геомеханических задач нужны квалифицированные специалисты с практическим опытом в области геомеханики.

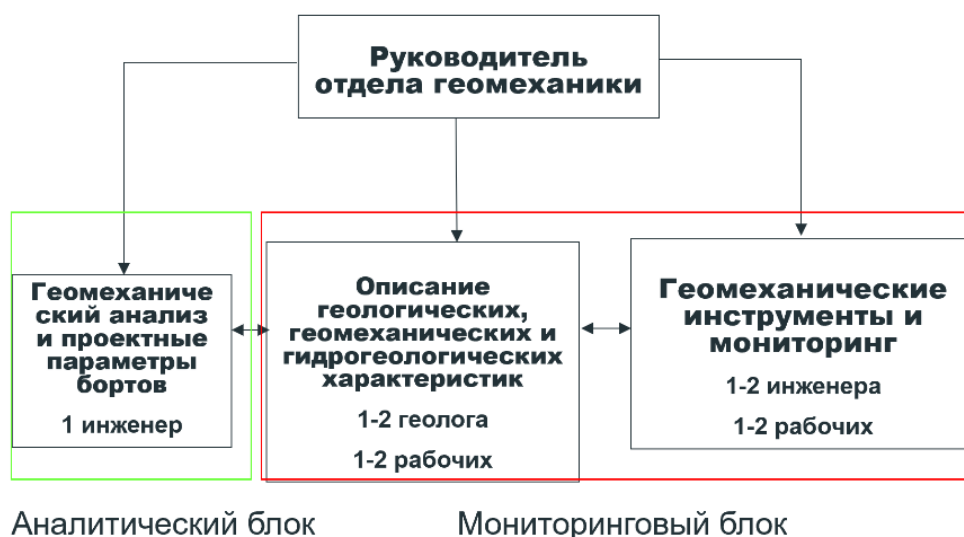
Геомеханическая служба решает следующие задачи:

- 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, разреза 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 наблюдения за устойчивостью бортов и уступов карьера, за сдвижением земной поверхности, сохранностью подрабатываемых объектов и сооружений на ней;
- участие в планировании, проведении и оценке результатов опытно-промышленных работ по изменению параметров горных выработок, технологии добычи;
- оценка качества заоткосных работ и повреждения законтурного массива взрывными работами.

Геомеханическую службу на месторождении подразделяется на группу мониторинга и аналитическую группу. Пример структуры геомеханической службы минимальной комплектации представлен на рис. 5.14.

Группа мониторинга располагается непосредственно на объекте (полевая группа), тогда как аналитическая группа может находиться в удалении от месторождения.

Состав группы и должностные обязанности утверждает технический руководитель эксплуатирующей организации. Специализированные организации могут привлекаться к работе группы по решению технического руководителя эксплуатирующей организации.



**Рисунок 5.14** – Пример структуры геомеханической службы

Для проведения геомеханического анализа рекомендуется предусмотреть приобретение программных продуктов, обеспечивающих решение геомеханических задач, примерный перечень которых представлен ниже:

- анализ и обработка прочностных свойств пород и руд;
- анализ и обработка структурных данных с возможностью кинематического анализа;
- анализ различных механизмов обрушения откосов: по одной плоскости, клиновидный, обратное обрушение;
- детерминированный или вероятностный анализ обрушений уступов;
- анализ устойчивости откосов методом предельного равновесия с возможностью использования анизотропии (2D);
- анализ устойчивости методом конечных элементов (2D);
- сбор и обработка структурных данных фотограмметрическим способом.
- визуализация и трехмерное представление геомеханической модели месторождения.

Персонал геомеханической службы должен обладать техническими навыками работы с программными продуктами, а также владеть общими знаниями и принципами в той или иной области. Специалистам геомеханической службы рекомендуется проходить курсы повышения квалификации по различным направлениям – структурная геология, геомеханика, буровзрывные работы, мониторинг и другие.

## Приложение Е – Паспорт деформации

При визуальной или инструментальной фиксации на наблюдаемом участке составляется паспорт деформации, который должен содержать всю накапливаемую информацию о развитии деформаций, ведении горных работ на участке, изменении инженерно-геологических условий и степени устойчивости борта, уступа или отвала.

Паспорт составляется геолого-маркшейдерской или геомеханической службой, на основании инструментальных маркшейдерских, инженерно-геологических и гидрогеологических съемок и проектно-изыскательской документации не позднее чем в месячный срок с момента возникновения деформации. По мере развития деформаций этот паспорт периодически пополняется.

Паспорт деформации должен включать следующую информацию в составе записки по произошедшей деформации (рис. 5.15):

- объект деформации, его месторасположение, дата возникновения деформации, вид деформации, обстоятельства возникновения деформации;
- краткая инженерно-геологическая характеристика участка и горнотехнические условия его отработки;
- линейные размеры зоны деформации, объем нарушенного участка массива, величины смещений;
- проектные и фактические параметры откоса в районе деформации, время стояния откоса или отвала до появления деформаций;
- наблюдения, проводимые на участке;
- ущерб, причиненный деформацией;
- причины возникновения деформаций и меры, принятые для предупреждения развития деформации;
- должностные лица, привлеченные к выяснению причин и разработке по ликвидации опасной зоны.

К паспорту деформации прилагаются фотоматериалы, при наличии – трехмерные цифровые модели участка до и после развития деформационных процессов (рис. 5.16), а также графические приложения (план, геологические разрезы с нанесением горной обстановки, графики смещений, деформаций, скоростей смещений и т.д.) - рис. 5.17.

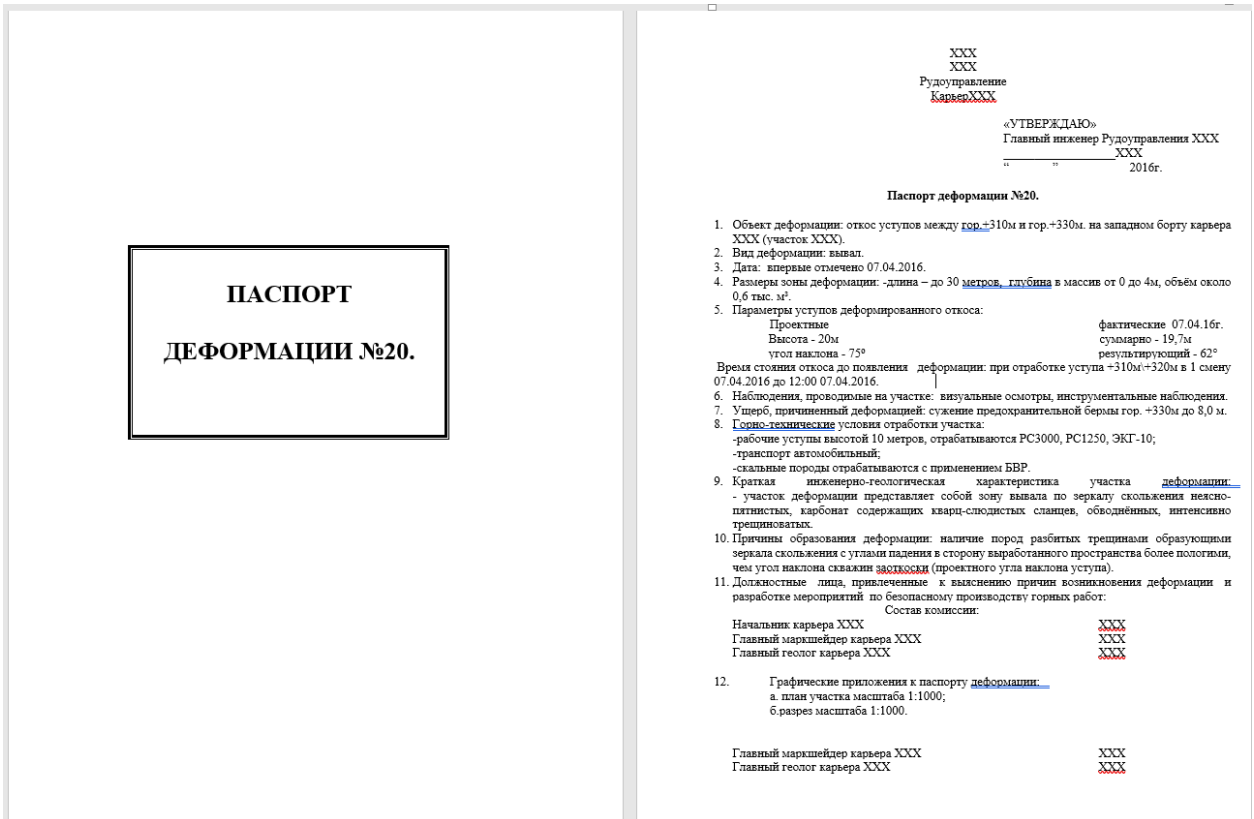


Рисунок 5.15 – Пример записки по произошедшей деформации в карьере



Рисунок 5.16 – Пример фотографий произошедшей деформации





## Приложение Ж – Примеры уровней геомеханических опасностей для визуальной оценки

Индикаторы опасных факторов	Уровень 1 - Внимание	Уровень 2 - Опасно	Уровень 3 - СТОП
<b>1. Трещины отрыва (заколы)</b>	Трещины немногочисленные. Раскрытие до 5 см. Ширина раскрытия трещин без изменений с течением времени.	Раскрытие существующих трещин от 5 до 10 см, формирование новых трещин отрыва у верхней бровки/на откосе/у нижней бровки уступа за короткий период.	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.
<b>2. Повышение частоты осыпей</b>	Редкие осыпи по уступу/участку борта (1-2 за смену). Высота уступа 5 метров и меньше.	Частые осыпи по уступу/участку борта (1-2 за час)	Частые осыпи по уступу/участку борта (1-2 за 30 мин). Осыпания происходят и на соседних участках уступа/борта.
<b>3. Наличие обрушившихся пород в основании уступа, на съезде</b>	Количество обрушившейся горной массы незначительно, размер обломков до 10 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы.	Значительное количество обрушившейся горной массы в основании уступа, размер обломков 10-50 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы и более.	Значительное количество обрушившейся горной массы в основании уступа, размер обломков более 50 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы и более. Угроза обрушения.
<b>4. Наличие нетипичных водопритоков</b>	Откос уступа на участке работ увлажнен, места высачивания вод или источник водопритока визуально определить сложно. Незначительное скопление воды на берме.	Откос уступа на участке работ интенсивно увлажнен, места высачивания вод или источник водопритока виден визуально. Значительное скопление воды на берме. Образование небольших промоин, трещин на участке работ.	Обильное скопление воды на откосе, места высачивания вод или источник водопритока виден визуально. Значительное скопление воды на берме. Имеется резкое расширение промоин. Формирование поверхности обрушения в массиве. Угроза обрушения.
<b>5. Обрушения, оседания, связанные с подземными горными выработками (ПГВ)</b>	ПГВ вскрыты в борту. Отсутствует водоприток, незначительное отслоение массива, не появляются трещины вокруг ПГВ.	ПГВ вскрыты в борту. Присутствует водоприток, появляются трещины вокруг ПГВ. ПГВ находятся под почвой. Видно просадку пород в почве. С течением времени просадка увеличивается, появляются новые трещины вокруг.	ПГВ вскрыты в борту. Присутствует обильный водоприток, появляются крупные трещины и обрушения вокруг ПГВ. Подземные выработки находятся под почвой. Выход на поверхность воронки обрушения, образование трещин вокруг.
<b>ПЛАН ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ НАРУШЕНИЙ И ОПАСНОСТЕЙ</b>			
Работник карьера	Выполнение работ согласно наряд-задания	<b>Прекращает все работы и покидает опасный участок.</b> Оповещает горного мастера	





**Уровень 1 – Внимание!**

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

**Уровень 2 – Опасно!**

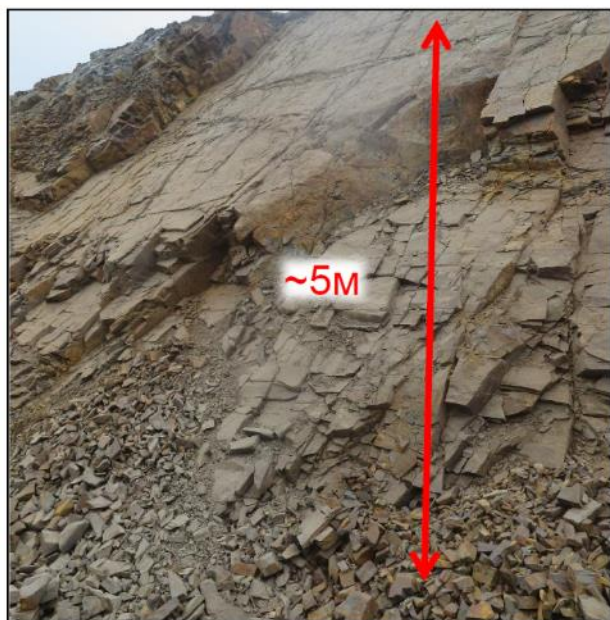
Раскрытие существующих трещин от 5 до 10 см, формирование новых трещин отрыва у верхней бровки/на откосе/у нижней бровки уступа за короткий период.

**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.

**Рисунок 5.18** –Трещины отрыва (заколы)





**Уровень 1 – Внимание!**

**Уровень 2 – Опасно!**

**Уровень 3 – Стоп!**

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

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

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

**Рисунок 5.19 – Повышение частоты осыпей**





Уровень 1 – Внимание!	Уровень 2 – Опасно!	Уровень 3 – Стоп!
<p>Количество обрушившейся горной массы незначительно, размер обломков до 10 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы.</p>	<p>Значительное количество обрушившейся горной массы в основании уступа, размер обломков 10-50 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы и более.</p>	<p>Значительное количество обрушившейся горной массы в основании уступа, размер обломков более 50 см. Разлет обломков в пределах ширины бермы и более. Угроза обрушения.</p>

**Рисунок 5.20** – Наличие обрушившихся пород в основании уступа, на съезде



Уровень 1 – Внимание!	Уровень 2 – Опасно!	Уровень 3 – Стоп!
Откос уступа на участке работ увлажнен, места высачивания вод или источник водопритока визуально определить сложно. Незначительное скопление воды на берме.	Откос уступа на участке работ интенсивно увлажнен, места высачивания вод или источник водопритока виден визуально. Значительное скопление воды на берме. Образование небольших промоин, трещин на участке работ.	Обильное скопление воды на откосе, места высачивания вод или источник водопритока виден визуально. Значительное скопление воды на берме. Имеется резкое расширение промоин. Формирование поверхности обрушения в массиве. Угроза обрушения.

**Рисунок 5.21** – Наличие нетипичных водопритоков





Уровень 1 – Внимание!	Уровень 2 – Опасно!	Уровень 3 – Стоп!
<p>ПГВ вскрыты в борту. Отсутствует водоприток, незначительное отслоение массива, не появляются трещины вокруг ПГВ.</p>	<p><u>ПГВ вскрыты в борту.</u> Присутствует водоприток, появляются трещины вокруг ПГВ.  <u>ПГВ находятся под почвой.</u> Видно просадку пород в почве. С течением времени просадка увеличивается, появляются новые трещины вокруг.</p>	<p><u>ПГВ вскрыты в борту.</u> Присутствует обильный водоприток, появляются крупные трещины и обрушения вокруг ПГВ.  <u>ПГВ находятся под почвой.</u> Выход на поверхность воронки обрушения, образование трещин вокруг.</p>

**Рисунок 5.22** – Оседание, провал почвы над подземными пустотами

