

**Проект**

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
«Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов  
карьеров, разрезов и отвалов»**

## Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	4
2 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	6
3 ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ И РАЙОНИРОВАНИЮ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД .....	10
4. ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД.....	12
5 ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	14
6 МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ.....	16
7 ОЦЕНКА РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ УСТУПОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ В ПЕРИОД ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	17
8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ.....	19
Приложение 1 .....	21
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	21
Приложение 2 .....	30
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	30
Приложение 3 .....	38
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	38
Приложение 4 .....	41
ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ .....	41
Приложение 5 .....	53
ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	53
Приложение 6 .....	56
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛОВ .....	56
Приложение 7 .....	63
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ И РАЗРЕЗОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ (ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ) РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ..	63
Приложение 8 .....	64

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД .....	64
Приложение 9 .....	70
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	70
Приложение 10 .....	77
ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ, КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	77
Приложение 11 .....	80
УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БОРТОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ .....	80

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» (далее – Правила) устанавливают требования к оценке устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов и предупреждению обрушений и оползневых явлений.

1.2. Правила разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588; 2000, № 33, ст. 3348; 2003, № 2, ст. 167; 2004, № 35, ст. 3607; 2005, № 19, ст. 1752; 2006, № 52, ст. 5498; 2009, № 1, ст. 17, ст. 21; № 52, ст. 6450; 2010, № 30, ст. 4002; № 31, ст. 4195, ст. 4196; 2011, № 27, ст. 3880; № 30, ст. 4590, ст. 4591, ст. 4596; № 49, ст. 7015, ст. 7025; 2012, № 26, ст. 3446; 2013, № 9, ст. 874; № 27, ст. 3478), Законом Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах» (Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1992, № 16, ст. 834; Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, № 10, ст. 823; 1999, № 7, ст. 879; 2000, № 2, ст. 141; 2001, № 21, ст. 2061; № 33, ст. 3429; 2002, № 22, ст. 2026; 2003, № 23, ст. 2174; 2004, № 27, ст. 2711; № 35, ст. 3607; 2006, № 17, ст. 1778; № 44, ст. 4538; 2007, № 27, ст. 3213; № 49, ст. 6056; 2008, № 18, ст. 1941; № 29, ст. 3418, ст. 3420; № 30, ст. 3616; 2009, № 1, ст. 17; № 29, ст. 3601; № 52, ст. 6450; 2010, № 21, ст. 2527; № 31, ст. 4155; 2011, № 15, ст. 2018, ст. 2025; № 30, ст. 4567, ст. 4570, ст. 4572, ст. 4590; № 48, ст. 6732; № 49, ст. 7042; № 50, ст. 7343, ст. 7359; 2012, № 25, ст. 3264; № 31, ст. 4322; № 53, 7648; 2013, ст. 2312), постановлением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2010 г. № 39 «Об утверждении Положения о государственном надзоре за безопасным ведением работ, связанных с использованием недр, и о внесении изменений в Положение о государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2010, № 6, ст. 651; 2011, № 41, ст. 5750; 2013, № 24, ст. 2999), требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2013 г. (в ред. Приказа Ростехнадзора от 21.11.2018 № 580) № 599 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 02 июля 2014 г., регистрационный № 32935), Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», утвержденными

приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 ноября 2017 г. №488 (Зарегистрировано в Минюсте России 12 февраля 2018 г. № 49999).

1.3. Настоящие Правила устанавливают требования к инженерно-геологическому и гидрогеологическому изучению природных и техногенных массивов пород, способам и методам оценки устойчивости и расчета параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, методам мониторинга их устойчивости, определяют меры по предупреждению оползневых явлений на всех стадиях проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и ликвидации (консервации) карьеров, разрезов и отвалов.

1.4. Настоящие Правила предназначены для организаций, осуществляющих проектирование, строительство, эксплуатацию и ликвидацию (консервацию) карьеров, разрезов и отвалов.

Правила являются обязательными при обосновании устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов на опасных производственных объектах ведения открытых горных работ на всех стадиях их проектирования, строительства, реконструкции, технического перевооружения, эксплуатации и ликвидации (консервации).

1.5. Положения настоящих Правил распространяются на деятельность всех организаций, осуществляющих добычу полезных ископаемых открытым способом вне зависимости от их форм собственности и ведомственной подчиненности, включая иностранные организации и физические лица, осуществляющие свою деятельность на территории Российской Федерации.

1.6. Проектная документация на строительство, реконструкцию, техническое перевооружение, эксплуатацию и ликвидацию (консервацию) карьеров, разрезов и отвалов должна содержать обоснование параметров уступов и бортов и перечень мер по обеспечению и мониторингу их устойчивости.

1.7. В Правилах используются термины и их определения, приведенные в Приложении 1 к настоящим Правилам.

1.8. Выбор параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, обоснование их устойчивости должен основываться на результатах инженерно-геологического и гидрогеологического изучения природных и техногенных залежей минерального сырья и массивов горных пород.

Изучение массивов горных пород должно вестись как на стадии разведки и проектирования, так и в процессе отработки месторождения полезных ископаемых (далее – месторождения), отвалообразования, ликвидации горных выработок и

последствий вредного влияния горных разработок.

1.9. На всех стадиях строительства и эксплуатации карьера, разреза должен вестись мониторинг устойчивости уступов, бортов и отвалов, а также инфраструктурных объектов в карьере, разрезе и на прилегающих к ним территориях.

При консервации или ликвидации объекта открытых горных работ необходимость, состав и объемы мониторинга определяются проектом консервации или ликвидации объекта. После завершения эксплуатации до момента ликвидации карьера, разреза, отвалов доступ в опасную зону должен быть исключен, мониторинг может быть прекращен. Границы опасной зоны должны быть определены проектом на отработку месторождения или проектом ликвидации карьера, разреза и отвала.

1.10. В случае выявления в процессе строительства, реконструкции, эксплуатации, ликвидации (реконструкции) отклонений свойств и/или структуры массива горных пород от заложенных в расчеты устойчивости при проектировании должен проводиться перерасчет параметров устойчивости бортов и уступов с учетом новых исходных данных с привлечением проектных и/или специализированных организаций.

Допустимые параметры устойчивости бортов, уступов карьера, разреза и отвала предусматриваются проектными решениями.

1.11. Для определения параметров устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов при осуществлении второй и последующих очередей строительства, реконструкции или техническом перевооружении, эксплуатации, ликвидации (консервации) должны учитываться результаты инженерно-геологического, гидрогеологического изучения массива и мониторинга устойчивости на предыдущих этапах отработки месторождения и работ по отвалообразованию.

1.12. Организацией, эксплуатирующей объекты ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения, составляется прогноз устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, учитывающий данные, накопленные в процессе эксплуатации месторождения, представленный в разделе мероприятий по обеспечению промышленной безопасности в Плане развития горных работ на предстоящий календарный год. Для выполнения прогноза устойчивости допускается привлечение специализированной организации.

## **2 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ**

2.1. В проектной документации должны быть учтены факторы, влияющие на

устойчивость бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, объединенные в две группы: природные и горнотехнические.

К группе природных факторов относятся:

- климатические (температура воздуха, количество осадков, режим ветров, температурный режим массива горных пород);

- геолого-структурные (трещинно-разрывная структура прибортового массива горных пород, элементы залегания рудных тел и вмещающих пород, мощности пластов и рудных тел, горно-геометрические и морфологические характеристики месторождения);

- инженерно-геологические (петрографические особенности и характер структурных связей горных пород, определяющий перечень значимых свойств массива пород);

- гидрогеологические (наличие поверхностных вод и водоносных горизонтов, обводненность контактов и структурных нарушений);

- гипергенные (усложнение первичной структуры эрозийными процессами).

К группе горнотехнических относятся факторы, связанные с параметрами карьера, системой разработки и производительностью горного оборудования: способ вскрытия карьерного поля, углы наклона и высота уступов и бортов карьера, разреза, отвала, система разработки, ширина берм и частота их расположения, форма карьера, разреза в плане и его глубина, способ разрушения массива горных пород, наличие подземных горных выработок.

При комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений дополнительно должны быть учтены:

- последовательность и порядок развития открытых и подземных горных работ на месторождении;

- параметры очистных выработок;

- способ управления горным давлением при подземной разработке;

- скорость подвигания забоев и скорость развития открытых и подземных горных работ;

- воздействие массовых взрывов в карьере на подземные выработки;

- изменение физико-механических свойств массива горных пород под воздействием открытых и подземных горных работ при эксплуатации месторождения;

- сдвигание и деформации горных пород в зоне влияния открытой и подземных выработок с образованием на земной поверхности зон трещин, воронок и провалов;

- перераспределение напряжений в массиве горных пород под влиянием открытых и подземных работ;

- нарушенность массива горных пород подземными выработками, незатампонированными скважинами, наличие карстовых полостей и пустот отработанных очистных выработок, незаполненных или не полностью заполненных закладкой;

- влияние внезапных прорывов воды, газов или пульпы в карьер и подземные горные выработки;

- растворимость пород.

2.2. Расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов приводится в проекте дифференцированно по классам массивов горных пород:

- класс природных скальных пород – горные породы с жесткими структурными связями, которые разделяются на скальные и полускальные;

- класс дисперсных пород – горные породы с физическими, физико-химическими и механическими структурными связями, которые подразделяются на связные и несвязные. К дисперсным породам также относятся техногенные образования;

- класс мерзлых пород – скальные и дисперсные горные породы с наличием криогенных связей.

2.3. Оценка устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов в массивах скальных и полускальных горных пород производится по результатам исследований, характеризующих данный массив:

- пространственная ориентировка крупных разрывных нарушений между собой и поверхностью карьера, разреза;

- густота, протяженность и состояние основных систем трещин, их ориентировка относительно поверхности откосов;

- физические характеристики горных пород;

- прочностные характеристики пород;

- прочностные характеристики контактов пород и других поверхностей ослаблений;

- глубина залегания водоносных горизонтов и их гидродинамические характеристики;

- гидродинамическое давление в приоткосном массиве;

- гидростатическое давление, уменьшающее силу трения по возможной поверхности скольжения;

- деформационные характеристики массива пород;



- температурный режим, проявляющийся в непрерывном цикле прогрева-замерзания горных пород;

- параметры природного поля напряжений.

2.4. Оценка устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов в массивах дисперсных горных пород производится по результатам исследований, характеризующих данный массив:

- набухание, снижение прочности и развитие локальных деформаций уступов и их групп;

- развитие суффозионных и карстовых процессов;

- водонасыщенность пород, наличие водосборных площадей с затрудненной разгрузкой;

- количество атмосферных осадков, характер дождей, мощность снегового покрова и продолжительность его таяния;

- температурный режим района, глубина сезонного промерзания и оттаивания пород;

- гранулометрический и минеральный состав;

- число пластичности и показатель текучести (глинистые породы);

- естественная влажность;

- относительная деформация набухания без нагрузки (глинистые породы);

- относительная деформация просадочности (глинистые породы);

- коэффициенты пористости и водонасыщения (крупнообломочные грунты и пески);

- относительное содержание органического вещества;

- компрессионные свойства пород;

- температурно-прочностные свойства горных пород и контактов, криогенная структура, льдистость.

2.5. Для обеспечения устойчивости уступов карьеров, разрезов в массивах скальных и полускальных горных пород вблизи предельного контура должны быть учтены способ производства буровзрывных работ, масса заряда и расстояние от места взрыва.

2.6. Для обеспечения устойчивости уступов карьеров, разрезов в массивах дисперсных пород, склонных к набуханию или размоканию, отвалов должен быть организован дренаж, сток дождевых и талых вод.

2.7. При определении общих углов наклона бортов карьеров, разрезов, отвалов необходимо учитывать их подработку подземными горными выработками и статические

нагрузки от горнотранспортного оборудования.

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ И РАЙОНИРОВАНИЮ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД**

3.1. Объем и методика инженерно-геологических работ определяются проектом с учетом степени сложности геологического строения месторождения, а также стадии его освоения (разведка, проектирование, строительство, эксплуатация, ликвидация (консервация) (Приложение 2).

3.2. Состав инженерно-геологических исследований должен включать:

3.2.1. Для скальных и полускальных массивов: изучение ориентировки, густоты, протяженности, шероховатости поверхностей и наличия заполнителя трещин основных систем, определение физических, прочностных и деформационных характеристик горных пород и контактов.

3.2.2. Для дисперсных массивов: изучение гранулометрического и минерального состава, естественной влажности и пористости пород; определение сцепления, угла внутреннего трения, коэффициента фильтрации, числа пластичности и показателя текучести, компрессионных свойств; для мерзлых дисперсных пород – изучение температурно-прочностных свойств, криогенной структуры, льдистости, просадочности.

3.3. Инженерно-геологическое изучение скальных массивов в приконтурной зоне бортов карьеров и разрезов должно включать:

- установление местоположения и ориентировки поверхностей ослабления относительно уступов с определением иерархических уровней;

- определение параметров поверхностей ослабления каждого уровня иерархии, включая густоту, протяженность и ширину раскрытия трещин, изменчивость элементов залегания, шероховатость, а также свойства заполнителя;

- определение прочностных и деформационных характеристик массива, структурных блоков горных пород, и зон, примыкающих к крупным разрывным нарушениям.

3.4. Ширина приконтурной зоны, в пределах которой должно выполняться инженерно-геологическое изучение массива, определяется геометрическими размерами призмы возможного обрушения и зависит от конструктивных параметров проектируемого карьера.

3.5. Инженерно-геологическое изучение массива должно включать определение пространственного положения крупных разрывных нарушений, выделение основных

систем трещин и ориентировку складчатых структур в приконтурной зоне. По мере углубки карьера необходимо вести картирование структурных элементов массива.

3.6. Результатом инженерно-геологического изучения массива горных пород должна быть геомеханическая модель месторождения, описывающая:

- петрографический и минеральный состав массива горных пород;
- основные и второстепенные структуры (разломы, напластование, складчатость, системы трещин);
- прочность пород в образце, сопротивление сдвигу по поверхностям ослабления, прочность массива пород;
- гидрогеологические элементы, гидравлическая проводимость, режимы перетоков, уровни подземных вод, распределение порового давления;
- сейсмичность территории;
- существующие выработки и пустоты.

3.7. Вид геомеханической модели (двух- или трехмерная) и тип (цифровая, на бумажных носителях) определяется в процессе выполнения инженерно-геологических исследований. По мере развития горных работ геомеханическая модель месторождения должна уточняться на основе инженерно-геологического изучения массива горных пород.

3.8. Результаты инженерно-геологического изучения на стадии эксплуатации месторождения являются основой для корректировки параметров уступов и бортов карьера, разреза и отвала в проектах реконструкции или технического перевооружения.

3.9. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое районирование массивов горных пород должно выполняться в пределах горного отвода для объектов ведения открытых горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения и содержать: границы однородных участков, схемы вероятного деформирования, методы расчета устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов, способы управления их устойчивостью.

Инженерно-геологическое районирование должно выполняться специальной группой по наблюдению за устойчивостью в соответствии п. 1.9 Правил или специализированной организацией.

3.10. Основой инженерно-геологического районирования являются материалы геологического и инженерно-геологического изучения месторождения на всех стадиях его освоения.

#### **4. ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД**

4.1. Гидрогеологическое изучение месторождения необходимо вести на всех стадиях освоения месторождения. Изучение гидрогеологических условий должно осуществляться в комплексе с изучением инженерно-геологических условий месторождения с учетом влияния процессов, развивающихся при освоении месторождений (Приложение 3).

Гидрогеологическое изучение месторождения должно включать:

- оценку и типизацию гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом;
- схематизацию условий фильтрации подземных вод к открытым горным выработкам и водоприемным системам осушения;
- оценку и прогноз техногенного режима подземных вод, общих притоков в горные выработки и распределение удельных водопритоков по бортам карьеров, разрезов;
- оценку и прогноз изменения величины и уровня гидравлических напоров в прибортовых массивах с установлением величины водопритоков в открытые горные выработки;
- оценку влияния поверхностных и подземных вод на устойчивость бортов и уступов;
- оценку влияния изменения гидрогеологических условий в процессе отработки месторождения на охраняемые природные и техногенные объекты.

По результатам проведенного гидрогеологического изучения должно быть разработаны:

- мероприятия по борьбе с подземными и поверхностными водами, влияющими на устойчивость бортов и уступов горных выработок;
- способы осушения месторождения.

4.2. В ходе гидрогеологического изучения массива горных пород должны быть выполнены:

- опытно-фильтрационные исследования (откачки, наливов, нагнетания, опытно-эксплуатационное водопонижение);
- на этапах строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации карьеров, разрезов режимные наблюдения за напорами подземных вод в прибортовых массивах, а также на скважинах региональной наблюдательной сети при их наличии;
- стационарные наблюдения за водопритоками в горные выработки карьеров,

разрезов;

- контроль эффективности систем дренажа.

Гидрогеологическое изучение массива горных пород выполняется недропользователем или специализированной организацией.

4.3. Решение о необходимости дополнения прямых опытно-фильтрационных исследований косвенными (резистивиметрия, расходометрия, термометрия) принимает организация, ведущая гидрогеологическое изучение массива.

4.4. На месторождениях, сложенных обводненными песчано-глинистыми отложениями, наблюдения за уровнем режимом подземных вод должны проводиться с одновременной фиксацией фильтрационных деформаций. При документации произошедших деформаций фиксируются литологический состав, влажность и пористость пород.

4.5. На месторождениях, сложенных полускальными и скальными породами, не склонными к набуханию, размоканию за счет подземных и атмосферных вод, наряду с наблюдениями за уровнем режимом подземных вод проводится гидрогеологическая съемка бортов карьера или разреза с фиксацией отметок выхода подземных вод на откосах. В зимний период оцениваются размеры наледей, образующихся за счет высачивания подземных вод на бортах и на подошве карьера или разреза.

4.6. Наблюдения за уровнями (напорами) подземных вод должны выполняться синхронно с замерами водопритоков в горные выработки, дебитов водозаборов, с замерами уровней поверхностных водоемов и водотоков.

4.7. Регламент наблюдений и параметры наблюдательной сети за уровнем режимом подземных вод на полях эксплуатируемых карьеров, разрезов и прилегающей территории в пределах горного отвода определяет организация, ведущая гидрогеологическое изучение массива.

4.8. Глубина наблюдательных скважин определяется строением прибортового массива, проектной и достигнутой глубиной карьера или разреза. Скважины, включая скважины региональной наблюдательной сети (при их наличии), должны быть оборудованы отдельно на все водоносные пласты в пределах прибортового массива.

4.9. Выбор метода гидрогеологического прогноза осуществляет организация, ведущая гидрогеологическое изучение массива.

4.10. Результаты гидрогеологических исследований в виде положения уровней подземных вод, распределения напоров в прибортовом массиве должны быть использованы при расчетах устойчивости уступов, сложенными дисперсными породами, и бортов карьеров, разрезов и отвалов.

4.11. Для прогнозирования водопритоков в горные выработки, а также влияния водопонижения на устойчивость бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов выполняются геофильтрационные расчеты.

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ**

5.1. Устойчивость бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов должна оцениваться по наиболее напряженной поверхности на базе выявленных видов и форм деформирования участков массива (Приложение 4).

Наиболее напряженная поверхность в бортах и уступах карьеров, разрезов и отвалов должна определяться в соответствии с масштабным уровнем участка массива: уступ, группа уступов, борт, ярус.

5.2. Оценка устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, определение их параметров должны производиться на основе детерминированного и/или вероятностного подходов с учетом природных и горнотехнических факторов методами:

- теории предельного равновесия;
- численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород;
- вариационный метод.

Расчетные схемы, методы расчета и перечень необходимых данных (п. 2.3, 2.4) определяются проектной или специализированной организацией.

5.3. При детерминированном подходе критерием устойчивости является коэффициент запаса устойчивости, который должен быть не меньше нормативного. При вероятностном подходе критерием устойчивости является коэффициент запаса устойчивости и допустимая вероятность развития деформации, которые определяются проектом с учетом размещения элементов инфраструктуры (Приложение 5).

5.4. При оценке устойчивости отвалов должен выполняться комплекс работ и исследований по изучению, обоснованию, управлению и контролю состояния отвальных горнотехнических сооружений, выполняемых в течение всего срока их существования (Приложение 6).

5.5. Оценка устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений должна выполняться с учетом последовательности развития открытых и подземных горных работ, характера сдвижения налегающих пород, конструктивных параметров систем

разработки, технологии ведения буровзрывных работ, способов управления состоянием массива на открытых и подземных работах (Приложение 7).

Оценка устойчивости подработанных уступов и бортов карьеров, разрезов должна производиться с учетом требований п. 5.2.

5.6. Расчеты устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов должны выполняться отдельно для выделенных на этапе инженерно-геологического районирования месторождения участков массива горных пород с учетом ориентировки протяженных поверхностей ослабления относительно откосов уступов и бортов.

5.7. В сейсмически активных районах (7 и более баллов по шкале MSK-64) влияние землетрясений на устойчивость бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов допустимо не учитывать для скальных массивов и массивов дисперсных пород со степенью водонасыщения менее 0,9 или коэффициентом фильтрации более 100 м/сут.

Расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, сложенных обводненными дисперсными породами, производится с привлечением специализированной организации.

5.8. Минимально допустимая ширина берм должна определяться в проекте при расчете устойчивости уступов карьеров, разрезов и отвалов.

5.9. При расчете устойчивости уступов карьеров и разрезов, сложенных полускальными и дисперсными породами, и отвалов, формируемых из глинистых или полускальных пород и из смеси глинистых и скальных пород, должно учитываться влияние нагрузок от горнотранспортного оборудования.

5.10. Для уступов, сложенных обводненными дисперсными породами, необходимо выполнять оценку возможности проявления фильтрационных деформаций и предусматривать мероприятия по управлению устойчивостью откосов.

5.11. Оценка физико-механических свойств массива горных пород должна производиться по результатам лабораторных и/или полевых испытаний и изучения структуры массива горных пород (Приложение 8).

Прочностные свойства отвальных пород должны определяться с учетом их гранулометрического состава.

На эксплуатируемых месторождениях оценка физико-механических свойств массива должна быть уточнена решениями обратных задач по фактам произошедших деформаций.

5.12. На этапе предпроектной проработки при отсутствии информации по прочностным и деформационным свойствам массива горных пород и поверхностей ослаблений допустимо использовать справочные материалы и данные по

месторождениям-аналогам.

5.13. Расчеты устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов. На этапе проектирования выполняются поверочные расчеты устойчивости бортов карьера для конкретного контура.

5.14. Влияние капитальных и подготовительных выработок на устойчивость уступов и бортов карьеров и разрезов не учитывается.

5.15. При внедрении и использовании в проектировании и производстве результатов научно-технических достижений должны быть проведены опытно-промышленные испытания в соответствии с разработанной документацией с указанием срока проведения и заключением специализированной организации. Результаты опытно-промышленных испытаний допускается распространять на весь объект эксплуатации с учетом его районирования.

## **6 МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ**

6.1. Для объектов недропользования III и IV классов опасности инструментальные маркшейдерские и визуальные наблюдения за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов осуществляется в соответствии проектом производства маркшейдерских работ, утверждаемым техническим руководителем эксплуатирующей организации (Приложение 9).

Наблюдение за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов должно осуществляться маркшейдерской службой эксплуатирующей организации либо привлекаемой специализированной организацией.

6.2. Для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения, эксплуатирующей организации необходимо:

- разработать проект мониторинга (Приложение 9);
- создать специальную группу (отдельно или в составе маркшейдерской службы организации) по мониторингу и прогнозу устойчивости уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов.

Проект мониторинга и состав группы утверждает технический руководитель эксплуатирующей организации. Специализированная организация привлекается к разработке проекта мониторинга и ведению мониторинга по решению технического руководителя эксплуатирующей организации.

6.3. Организация, осуществляющая инструментальные наблюдения устойчивости



уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов, должна иметь лицензию на производство маркшейдерских работ.

6.4. Тип применяемой аппаратуры, виды и состав наблюдений, регистрируемые величины, необходимая точность и периодичность наблюдений, необходимость паспортизации деформаций определяются проектом производства маркшейдерских работ или проектом мониторинга.

6.5. На эксплуатируемых месторождениях продолжительность мониторинга устойчивости откосов отвалов после окончания отсыпки определяется классом складированных пород и состоянием основания отвала:

- на отвалах, сформированных скальными породами на горизонтальном прочном или многолетнемерзлом основании (при условии сохранения температурного режима), мониторинг может быть прекращен;

- на отвалах, сформированных на наклонном прочном или наклонном многолетнемерзлом (при условии сохранения температурного режима), а также на слабом основании, мониторинг должен выполняться до полного затухания процессов сдвижения.

6.6. При комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений проект мониторинга должен дополнительно предусматривать способы и средства контроля состояния сформированных пустот и полостей.

6.7. Результаты мониторинга должны быть представлены в разделе мероприятий по обеспечения промышленной безопасности в Плане развития горных работ на предстоящий календарный год.

## **7 ОЦЕНКА РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ УСТУПОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ В ПЕРИОД ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

7.1. Организация, ведущая строительство, эксплуатацию и ликвидацию (консервацию) карьеров, разрезов и отвалов, должна осуществлять оценку и управление рисками нарушения устойчивости, развития аварийных ситуаций, минимизации негативных последствий от развития деформаций и потери устойчивости бортов карьеров, разрезов, отвалов и их локальных участков (Приложение 10). Специализированная организация привлекается к оценке и разработке мероприятий по управлению рисками нарушения устойчивости по решению технического руководителя эксплуатирующей организации.

7.2. Основой управления устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов в период отработки месторождения является контроль за соблюдением проектных решений, мониторинг и, в случае возникновения угрозы нарушения устойчивости, принятие компенсирующих мер, включающих:

- изменение направления и режима ведения горных работ;
- корректировка проектных параметров;
- укрепление уступов на отдельных участках;
- осушение массивов водоотводящими канавами, водосбросными и перехватывающими скважинами;
- строительство камнеулавливающих сооружений (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы);
- формирование призм упора;
- оптимизация параметров буровзрывных работ вблизи предельного контура с минимизацией влияния взрывных работ на законтурный массив;
- оборка заколов на уступах с применением специальной техники;
- ведение горных работ только в период отрицательных температур;
- промораживание массива в криолитозоне с организацией сохранения теплового режима массива в летний период с помощью специальных матов;
- отсыпка предотвалов при слабом основании;
- отсыпка отвалов в криолитозоне с сохранением температурного режима основания;
- изменение режима отсыпки отвалов.

7.3. Для объектов ведения горных работ III и IV классов опасности мероприятия по управлению устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов в период отработки месторождения должны разрабатываться на основе результатов маркшейдерских наблюдений и учитываться при составлении Плана развития горных работ (Приложение 11).

7.4. Для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения должны быть разработаны мероприятия по управлению рисками, входящие в раздел по обеспечению промышленной безопасности Плана развития горных работ на предстоящий календарный год, и содержать:

- перечень опасных факторов, приводящих к возникновению рисков развития аварийных ситуаций, связанных с нарушением устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов;

- реестр выявленных или возможных рисков нарушения устойчивости с результатами их оценки;

- перечень компенсирующих мероприятий в случае превышения уровня риска развития аварии допустимого значения и оценку риска развития аварии в случае реализации компенсирующих мероприятий;

- анализ эффективности мероприятий по снижению рисков.

7.5. В местах выхода тектонических нарушений на контур уступов и при повышении степени трещиноватости пород, а также на особо ответственных участках эксплуатирующая организация должна предусматривать дополнительные меры по обеспечению устойчивости уступов, локальных участков бортов карьеров, разрезов.

7.6. Должностное лицо, осуществляющее общий контроль за выполнением мероприятий по ведению горных работ в опасной зоне, должно быть назначено приказом руководителя организации, эксплуатирующей карьер или разрез, с установлением периодичности предоставления информации техническому руководителю организации.

7.7. Оценка рисков выполняется на основе результатов мониторинга, количественного и/или качественного анализа вероятности возникновения деформации и тяжести последствий.

7.8. Раздел по управлению рисками составляется и обновляется специальной группой по наблюдению и прогнозу устойчивости уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов с привлечением специалистов службы производственного контроля или специализированной организацией и утверждается техническим руководителем эксплуатирующей организации.

## **8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ**

8.1. В плане ликвидации аварии, разрабатываемом организацией, эксплуатирующей карьеры, разрезы и отвалы, должны быть предусмотрены позиции по обеспечению безопасности при возможных нарушениях устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов. Меры реагирования персонала эксплуатирующая организация устанавливает самостоятельно или с привлечением специализированной организации.

Для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения проектом мониторинга устойчивости должны быть определены признаки нарушения устойчивости или значения критических

деформаций.

8.2. При нарушении критериев безопасности необходимо ввести в действие соответствующую позицию плана ликвидации аварии.

8.3. Мероприятия по обеспечению безопасности при обнаружении признаков нарушения устойчивости или критических деформаций должны разрабатываться для конкретных условий и утверждаться техническим руководителем эксплуатирующей организации.

8.4. Мероприятия по обеспечению безопасности, локализации и ликвидации последствий деформаций должны проводиться на основании проекта производства работ, утвержденного техническим руководителем эксплуатирующей организации и согласованного с территориальными органами государственного горного надзора.

**ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Активное давление сыпучего тела** — суммарное давление, которое может оказать масса сыпучего тела на поддерживающую ее стенку, в условиях предельного равновесия (возникающего при учете реактивных сил).

**Анализ риска аварии** — процесс идентификации опасностей и оценки риска аварии на опасном производственном объекте для отдельных лиц или групп людей, имущества или окружающей природной среды.

**Анализ чувствительности** — проведение множества детерминированных расчетов, изменяя случайным образом один из исходных параметров в рамках статистической изменчивости этого параметра и определение изменения, вследствие таких расчетов, получаемых значений коэффициента запаса устойчивости с полученным значением коэффициента запаса устойчивости при использовании средних значений данного параметра.

**Берма** — при разработке месторождений открытым способом горизонтальная площадка на нерабочем борту или нерабочих участках бортов карьера, разреза, разделяющая смежные по высоте уступы.

**Борт карьера, разреза** — боковая ограничивающая поверхность карьера, разреза, образованная совокупностью откосов и площадок уступов.

**Бровка уступа** — линия пересечения откоса с верхней и нижней площадками. Различают верхнюю и нижнюю бровки уступа.

**Ведение горных работ в опасной зоне** – горные работы в зоне, ограниченной установленными проектом границами.

**Ведение горных работ вблизи опасной зоны** – горные работы, производимые на удалении (в вертикальной и горизонтальной плоскости) 20 метров и менее от границ опасной зоны.

**Вероятность обрушения (деформации)** – возможность наступления или показатель частоты проявления деформации, имеющий качественную или количественную оценку.

**Верхний контур карьера, разреза** – линия пересечения бортов карьера, разреза с земной поверхностью.

**Вскрыша** — горные породы, покрывающие и вмещающие полезное ископаемое и подлежащие выемке и перемещению в процессе ведения открытых горных работ.

**Вскрышные работы** — открытые горные работы по выемке и перемещению пород вскрыши, покрывающих и вмещающих полезные ископаемые, с целью их подготовки к выемке.

**Геодинамическое районирование горного массива** — оценка блочного строения горного массива и его напряженного состояния для решения вопросов безопасной и эффективной разработки месторождений.

**Геоконтроль** — вид контроля, объектом которого является массив горных пород и отдельные его структурные элементы, а также происходящие в них природные и техногенные процессы различной физической природы.

**Геомеханическая модель** — это физическая или математическая модель участка недр, описывающая наиболее существенные связи параметров и процессы нагружения и деформирования массива горных пород в соответствии с особенностями геологического строения, формы, структуры и физико-механических свойств массива месторождения и вмещающих пород с учетом закономерностей их изменения в процессе природно-техногенных воздействий.

**Геомеханический риск** — произведение вероятности обрушений уступов, бортов карьеров, разрезов, отвалов и тяжести их последствий.

**Геомеханические свойства горных пород** — физико-механические свойства горных пород. К ним относятся, в частности, обрушаемость и устойчивость пород.

**Гидроотвал** — специальное гидротехническое сооружение, предназначенное для размещения вскрышных пород, поступающих в виде гидросмеси.

**Горнотехническая система** — совокупность горных конструкций, оборудования, технологических процессов горного производства и т.п. во взаимодействии со вмещающим их участком недр.

**Горнотехнологические свойства горных пород** — свойства, характеризующие горные породы как объекты разработки в инженерных расчетах технологических процессов и технических средств их осуществления.

**Градиент напряжения** — вектор, показывающий направление наискорейшего изменения напряжения, значение которого меняется от одной точки массива горных пород к другой.

**Дно карьера, разреза** — площадка нижнего уступа карьера, разреза (называемая также подошвой карьера, разреза).

**Добычные работы** — комплекс процессов, необходимых для извлечения полезного ископаемого из недр на поверхность.

**Домены** — области однородной среды в пределах массива месторождения, отличающиеся какими-либо свойствами или показателями, которые, в свою очередь, определяются, исходя из поставленных целей и решаемых задач районирования массива горных пород.

**Допустимые деформации** – деформации массива горных пород, не вызывающие повреждения в окружающих горнотехнических объектах и подрабатываемых сооружениях и природных объектах.

**Дренажная траншея** – траншея, проводимая в целях дренажа месторождения полезных ископаемых.

**Заоткоска уступа** — цикл технологических операций для придания откосу уступа карьера, разреза заданного угла, обеспечивающего его длительную устойчивость.

**Инженерно-геологические исследования месторождений полезных ископаемых** — исследования, проводимые с целью получения геологической информации, необходимой для промышленной оценки месторождений, обоснования способов вскрытия, системы разработки и параметров ее конструктивных элементов, а также прогноза их устойчивости, составления проектов организации горных и горно-строительных работ.

**Инженерно-геологические условия** — совокупность характеристик компонентов геологической среды исследуемой территории (рельефа, состава и состояния горных пород, условий их залегания и свойств, включая подземные воды, геологических и инженерно-геологических процессов и явлений), влияющих на условиях проектирования и строительства, а также на эксплуатацию инженерных сооружений соответствующего назначения.

**Инженерно-геотехнические исследования** — работы, направленные на изучение свойств пород и породных массивов, используемых в качестве оснований сооружений, среды для устройства подземных сооружений, а также для оценки устойчивости природных и антропогенных породных массивов, склонов и откосов.

**Исходный репер (марк.)** — репер или пункт геодезической сети, заложенный в районе наблюдательной станции или за ее пределами, на участке, не подвергающемся сдвигению и служащий для передачи координат на опорные реперы станции.

**Капитальная траншея** – траншея, проводимая для вскрытия карьерного поля.

**Карьер** — горное предприятие, представляющее собой совокупность разнообразных горных выработок (траншей, котлованов, рудоспусков и др.) И осуществляющее разработку месторождения полезного ископаемого открытым способом.

**Карьерное поле** — месторождение или его часть с массивом покрывающих и вмещающих пустых пород, отведенная для разработки одним карьером.

**Комбинированная (совмещенная) разработка месторождений** — сочетания вариантов открытых и подземных работ по взаимосвязанным технологическим схемам в

пространстве и во времени при отработке запасов минерального сырья в пределах одного месторождения.

**Комбинированный способ разработки** — разработка месторождения полезных ископаемых с одновременным или последовательным применением открытых и подземных горных работ.

**Контур карьера, разреза** — линия пересечения бортов карьера, разреза при погашении горных работ с земной поверхностью и дном карьера, разреза на конечной глубине.

**Коэффициент запаса устойчивости** – отношение суммы всех сил, удерживающих откос в равновесии, к сумме всех сдвигающих сил, стремящихся вывести его из равновесия. Действие этих сил во всех инженерных методах расчета устойчивости откосов переносится на расчетную или потенциальную (наиболее напряженную) поверхность скольжения.

**Коэффициент структурного ослабления** — соотношение прочности горных пород в массиве и в образце. Зависит от размеров деформируемого массива, крупности блоков, их формы и прочности.

**Критерии безопасности** – предельные значения количественных и качественных показателей состояния сооружения (объекта) и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии.

**Критическая деформация** – деформация массива горных пород, при превышении которой происходит нарушение его сплошности, приводящее к аварийному состоянию горнотехнических сооружений. Значения критических деформаций (абсолютных и относительных горизонтальных и вертикальных смещений, скоростей развития деформаций) определяются для каждого объекта с учетом конкретных горно-геологических условий и особенностей его эксплуатации.

**Маркшейдерская наблюдательная станция (марк.)** — совокупность реперов, заложенных по определенной, системе на земной поверхности, в сооружениях или в подземных выработках с целью проведения наблюдений за сдвижением земной поверхности, сооружений или горных пород в толще. Различают Н.с. типовые (по старой терминологии: рядовые и долговременные) и специальные.

**Месторождение-аналог** – месторождение, сходное по многим характеристикам (структуре геологических тел, гензису, литологии, физико-механическим свойствам и др.), которое может использоваться для прогноза свойств изучаемого месторождения.

**Мониторинг** — комплексная система регламентированных периодических или непрерывных наблюдений, оценки и прогноза состояния объекта контроля (в т.ч.



Природной среды) с целью выявления негативных изменений и выработки рекомендаций по их устранению или ослаблению, обеспечивающих выполнение требований к безопасности и надежности этого объекта, а также эффективности выполняемых им функций. Выполняется на основе визуальных, инструментальных маркшейдерских геотехнических, радарных, глубинных, гидрогеологических, геофизических, фотограмметрических, аэрокосмических методов наблюдений.

**Наблюдательная станция (марк.)** — совокупность реперов, заложенных по определенной, системе на земной поверхности, в сооружениях или в подземных выработках с целью проведения наблюдений за сдвижением земной поверхности, сооружений или горных пород в толще. Различают Н.с. типовые (по старой терминологии: рядовые и долговременные) и специальные.

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

**Нижний контур карьера, разреза** – линия пересечения бортов карьера, разреза с его подошвой.

**Обвалы** — обрушение (падение) масс горных пород (в виде крупных глыб и обломков) в результате отрыва от коренного массива.

**Обрушаемость горных пород** — свойство пород обрушаться при их обнажении. Размеры обрушенных кусков зависят от структуры (слоистость, трещиноватость) и физико-механических свойств пород.

**Обрушение** — произвольное или принудительно сдвижение горных пород, вызываемое нарушением устойчивого состояния массива горных пород. Обрушение сопровождается дроблением смещающейся части массива.

**Опасная зона** — участок, в пределах которого ведение горных работ или пребывание человека сопряжено с возможностью аварии и требуется осуществлять дополнительные меры безопасности, предусматриваемые, как правило, специальными проектами.

**Оползень** — относительно медленное сползание (смещение) по склону породных масс под влиянием силы тяжести, а также дополнительных нагрузок от горного и транспортного оборудования, отвалов и буровзрывных работ. Смещаемую массу называют оползневой массой, а поверхность, по которой оползневое тело перемещается, — поверхностью скольжения или поверхностью смещения.

**Опорный репер (марк.)** — репер профильной линии, заложенный на участке наблюдательной станции, не подвергающемся сдвижению, и служащий исходным для наблюдения на данной профильной линии.

**Осыпь** — разрушение и смещение приповерхностной части крутых откосов.

**Отвал** — искусственная насыпь из пустых пород некондиционного сырья (уголь, руда, песок, гравий), а также из технически неиспользуемых побочных продуктов (зола, шлак, щебень, грязь) на поверхности Земли.

**Отвалообразование** — процесс размещения вскрышных пород на специально отведенной площади — в отвале, являющийся завершающим звеном в производстве вскрышных работ на карьерах, разрезах.

**Отвальные работы** — комплекс технологических операций по отвалообразованию.

**Отдельность горных пород (элементарный породный блок)** – характерная форма блоков, глыб и обломков, на которые делятся горные породы при естественном и искусственном раскалывании, обусловленная ориентировкой и частотой ограничивающих ее трещин.

**Откос уступа** – наклонная поверхность уступа.

**Открыто-подземный способ разработки** — разновидность комбинированного способа разработки — совместной разработки с одновременным ведением открытых и подземных горных работ, совмещенных в вертикальной плоскости. Отличается от традиционных комбинированных способов наличием открыто-подземного яруса -части подкарьерных запасов, обустройство которых производится карьерными и подземными буровыми станками, а выдача руды осуществляется подземным транспортом. Выемка запасов открыто-подземного яруса ведется с определенным отставанием от фронта открытых горных работ. Единое выработанное пространство открытых горных работ и открыто-подземного яруса может использоваться в качестве емкости для размещения пород вскрыши, поступающих из карьера.

**Открытые горные работы** — комплекс работ, осуществляемых для добычи полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности.

**Оценка геомеханического риска** – определение величины риска с применением количественных и качественных показателей.

**Площадка уступа** – горизонтальная или наклонная поверхность, ограничивающая уступ по высоте. Различают верхнюю площадку уступа и нижнюю площадку уступа.

**Поверхность ослабления** — естественная геологическая поверхность в массиве горных пород, характеризующаяся пониженными механическими показателями (сцеплением, углом внутреннего трения). Поверхностью ослабления могут быть трещины, дизъюнктивные нарушения, контакты слоев пород, сланцеватость, поверхность скольжения оползня и пр.

**Поверхность разрушения** – поверхность горной породы, образуемая разрушающим инструментом. При работе резца – поверхность резания. Плоскость, касательная к поверхности разрушения, называется плоскостью разрушения.

**Поверхность скольжения** – поверхность в массиве борта разреза (откоса уступа или отвала), являющаяся геометрическим местом точек максимальных относительных сдвигов горных пород и отделяющая смещающуюся часть от основной неподвижной части массива горных пород.

**Породный отвал** – насыпь вмещающих пород, формируемая при разработке месторождений. Отвалы называются внешними – при расположении их вне контура карьера, разреза, внутренними – при расположении в выработанном пространстве карьера, разреза.

**Предельная глубина открытых горных работ** – нижняя граница карьера, разреза по вертикали. определяется проектом по условию экономической целесообразности разработки месторождения открытым способом.

**Призма возможного обрушения** борта карьера, разреза, уступа, отвала – часть массива горных пород (отвальных масс), заключенная между бортом карьера, разреза (откоса уступа или отвала) и наиболее напряженной поверхностью в массиве, по которой расчетный коэффициент запаса устойчивости – менее допустимого.

**Просадки** – вертикальное смещение массива горных пород в результате сжатия, уплотнения или иных видоизменений горных пород, слагающих откос или его основание.

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

**Рабочая зона карьера, разреза** – совокупность находящихся в одновременной разработке рабочих (вскрышных и добычных) уступов.

**Рабочая площадка уступа** – площадка на рабочем уступе, на которой размещается буровое, выемочно-погрузочное и транспортное оборудование.

**Рабочий репер (марк.)** — репер профильной линии, предназначенный для определения величин сдвижений земной поверхности, положение которого в пространстве определяется относительно опорных реперов профильной линии.

**Разрез** – карьер по добыче угля открытым способом.

**Разрезная траншея** – траншея, проводимая с целью создания фронта вскрышных и/или добычных работ.

**Районирование** – это определение и геометризация тех или иных доменов (участков, секторов) в пределах месторождения.

**Режим управляемых деформаций** - технология обработки уступов или формирования отвалов, допускающая деформации заданных размеров на конкретном участке.

**Специализированная организация** – юридическое лицо, имеющее производственный опыт и квалифицированных специалистов в области горно-геологических исследований, геомеханики, геодинамики, технологии ведения горных работ.

**Сползание пород** – смещение боковых пород по плоскости напластования при разработке крутых и наклонных пластов.

**Текстурированная трехмерная цифровая поверхность** – триангулированное облако точек пикселей фотоизображения в проекции на поверхность карьера, разреза.

**Траншея** – открытая горная выработка трапециевидной формы (в поперечном сечении), ограниченная снизу подошвой (дном) и с боков наклонными плоскостями: по длине – бортами, по ширине — торцами.

**Угол наклона борта карьера, разреза** – угол в плоскости, нормальной к простиранию борта карьера, разреза, образованный горизонтом с условной поверхностью, проходящей через верхнюю и нижнюю бровки карьера, разреза.

**Угол откоса уступа** – угол в плоскости, нормальной к простиранию уступа, между линией, соединяющей верхнюю и нижнюю бровки уступа, и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

**Углы сдвижения** – внешние относительно выработанного пространства углы наклона линий сдвижения, соединяющих границу выработанного пространства с границей опасного влияния на земной поверхности.

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

**Управление устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов** – комплекс мероприятий, направленных на достижение такого состояния пород, при котором обеспечивается безопасное и экономически эффективное ведение горных работ.

**Устойчивость горной выработки** – способность выработки в течение всего срока эксплуатации сохранять заданные размеры и форму.

**Устойчивость горных пород** – способность пород сохранять равновесие при их обнажении.

**Фильтрационные деформации** – деформации, связанные с поверхностной эрозией, выщелачиванием и растворением пород; к ним относятся также оплывания, выпор, механическая суффозия и фильтрационный вынос вдоль трещин.

**Эквивалентные свойства** – механические свойства массива горных пород в направлениях поверхностей ослабления с учетом их прерывистости, определенные путем вычисления средневзвешенных свойств между поверхностями ослабления и массивом горных пород.

**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.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ  
МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

1. По результатам инженерно-геологических исследований породы и руды месторождения делятся на классы по прочности структурных типов (табл. 11). Для каждого класса пород определяется набор характеристик (табл. 2).

**Таблица 1** – Классы горных пород в зависимости от прочности структурных связей

классы

Группа горных пород	Механические свойства	Физические свойства
IA. Твердые скальные	Прочность, упругость высокие. Сопротивлению сжатию 50-400 МПа, скапливанию 20-100 МПа, разрыву 2-15 МПа. Скорость распространения продольных волн $V_p$ изменяется от 4,0 $V^0$ до 7,0 км/с, сейсмическая жесткость 10-12. Крепость высокая $f_{кр} > 8$ . Разрабатываются взрывным способом. Характерна анизотропия свойств в условиях естественного залегания	Плотность высокая (2,65-3,10 г/см <sup>3</sup> ), пористость незначительная - доли процента
IB. Относительно твердые полускальные	Прочные - сопротивлению сжатию 15-50 МПа, средней прочности - 2,5-15 МПа и малой прочности <2,5 МПа Сопротивление скалыванию превышает 5 МПа у прочных, 1-5 МПа у пород средней прочности и менее 1 МПа - у слабых. Сопротивление разрыву 0,1-0,2 - 2-3 МПа Слабосжимаемы или практически несжимаемы. Модуль общей деформации от 2000 до 100000 МПа. Скорость распространения продольных волн $V_p$ от 1,1 до 4,5 км/с, сейсмическая жесткость от 2 до 12. Устойчивость в откосах зависит от трещиноватости и выветрелости. Крепость $f_{кр} = 2-8$ . Разрабатываются механическими и взрывными способами. Характерна анизотропия свойств в условиях естественного залегания.	Плотность средняя (2,20-2,65 г/см <sup>3</sup> ), пористость до 15 %. Сквозность изменяется в широких пределах
IIA. Дисперсные рыхлые несвязные	Прочность зависит от плотности сложения. Крепость небольшая $f_{кр} < 2$ , сжимаемы. Модуль общей деформации 5-100 МПа. Скорость распространения продольных волн 0,2-1,8 км/с, сейсмическая жесткость 0,5-4,8, коэффициент внутреннего трения $f = 0,25-0,60$ . Разрабатываются механическим и ручным способами	Плотность 1,40-1,90 г/см <sup>3</sup> , пористость 25-40 %
IIIB. Дисперсные мягкие связные	Прочность зависит от влажности и плотности. Крепость небольшая $f_{кр} < 2$ . Сжимаемы и сильно сжимаемы, модуль общей деформации изменяется от 5 до 100 МПа. Скорость распространения продольных волн изменяется от 0,3 до 2,2 км/с, сейсмическая жесткость от 0,8 до 5,9. Коэффициент внутреннего трения мал $f = 0,15-0,35$ . Устойчивость в откосах зависит от влажности пород и высоты откоса. Разрабатываются механическим и ручным способами.	Плотность от 1,10-1,20 до 1,90- 2,10 г/см <sup>3</sup> , пористость от 20-30 до 70-80 %, влажность от 12-15 до 75-80 %
III. Породы особого состава, состоянии и свойств	Горные породы характеризуется специфическими свойствами, требуют специальных методов исследований и индивидуальной оценки	

**Таблица 2** – Перечень характеристик горных пород, определяемых в ходе инженерно-геологических исследований

Класс пород	Перечень характеристик
Скальные породы (группа IA)	Петрографический состав пород, структурно-тектонические особенности массива, прочностные характеристики пород и поверхностей ослабления (слоистости, сланцеватости и т.д.), деформационные свойства пород, плотность в условиях естественного залегания
Полускальные породы (группа IB)	Генезис пород, площадь их распространения, мощность, петрографический состав, структурно-тектонические особенности массива, характер залегания слоев (горизонтальный, наклонный или крутопадающий), минеральная плотность, плотность пород в условиях естественного залегания, плотность скелета, пористость, естественная влажность, сцепление, угол внутреннего трения, наличие глинистых слоев и прослоев, приуроченность к зонам нарушений и/или карстовым образованиям
Дисперсные породы (группа II):	Генезис пород; площадь распространения; мощность; литологические особенности; характер залегания (горизонтальный или наклонный); характер залегания слоев (горизонтальный, наклонный или крутопадающий), минеральная плотность, плотность пород в условиях естественного залегания, плотность скелета, пористость, естественная влажность, сцепление, угол внутреннего трения, гранулометрический состав; наличие глинистых слоев и прослоев, приуроченность к зонам нарушений и/или карстовых образований, для связных пород - набухаемость, просадочность, число пластичности и показатель консистенции
Для многолетнемерзлых горных пород (группа III) дополнительно устанавливаются:	Температурный режим пород, границы криогенной зоны, глубина сезонного оттаивания и промерзания, контуры и глубина распространения таликов, характер изменения физическо-механических свойств пород при оттаивании
Для зон дезинтеграции (группа III) дополнительно устанавливают:	Генезис, сопротивление сдвигу по контактам поверхностей ослабления, падающих в карьерную выемку, мощность, характер залегания

2. Состав, объем и методика инженерно-геологических работ (исследований) зависят от стадии освоения (изученности) месторождения и степени сложности его инженерно-геологического строения. Результаты инженерно-геологических исследований должны обеспечивать получение полной и достоверной информации для решения основных задач соответствующей стадии освоения месторождения.

3. На поисковой и оценочных стадиях геологоразведочных работ (оцененные месторождения) необходимо дать ориентировочную характеристику инженерно-геологических условий района, основываясь на результатах геолого-съемочных работ, геофизических исследований, анализа условий на аналогичных месторождениях района исследований.

4. На стадии детальной разведки месторождений (ТЭО постоянных кондиций) инженерно-геологические условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение достоверных исходных данных для составления проекта разработки месторождения. Инженерно-геологические исследования должны охватывать зону оруденения и вмещающих пород.

Количество инженерно-геологических скважин составляет:

– для простых условий – не менее 8% от общего количества геологоразведочных скважин;

- для условий средней сложности – не менее 12% от общего количества геологоразведочных скважин;

- для сложных условий – не менее 15% от общего количества геологоразведочных скважин.

На стадии детальной разведки месторождений (ТЭО постоянных кондиций) дополнительно инженерно-геологические скважины бурят на потенциально неблагоприятных по устойчивости участках. На наиболее сложных по инженерно-геологическим условиям месторождениях проводятся дополнительные исследования по специально разработанным программам изучения месторождения. Допускается совмещать инженерно-геологические скважины с геологоразведочными. При наличии обнажений скальных пород дополнительно производится изучение параметров естественной трещиноватости (количество и ориентировка основных систем трещин, их густота, протяженность).

5. По результатам инженерно-геологических исследований на стадии детальной разведки должны быть получены:

- характеристика физико-географических условий, геологического строения, тектоники района и месторождения;

- инженерно-геологическая характеристика района и месторождения (распространенность основных петрографических типов пород и руд, тип контактов, количественная характеристика трещиноватости, расслоения, анизотропии пород, зон и поверхностей ослабления, напряженного состояния, физико-механических свойств пород, рекомендации по выбору расчетных показателей);

- для районов распространения многолетнемерзлых горных пород – характеристика распространения, их льдистость и температура, толщина слоя сезонного промерзания, проявления инженерно-геокриологических процессов и другие характеристики;

- инженерно-геологическое прогнозное районирование месторождения с выделением категорий сложности при горных работах, прогнозная оценка изменения состояния и физико-механических свойств пород в процессе вскрытия и разработки месторождения и возникновения неблагоприятных инженерно-геологических явлений;

- прогнозная оценка возможных изменений инженерно-геологических условий природной среды на месторождении и в районе в результате действия горнодобывающего предприятия;

- рекомендации по организации инженерно-геологического мониторинга



при строительстве и эксплуатации горнодобывающего предприятия, организации стационарных режимных наблюдений.

6. Инженерно-геологическое доизучение месторождения проводится в случае пересмотра предполагаемых ранее масштабов и технологии добычи, способов вскрытия и осушения месторождения. На эксплуатируемых месторождениях уточняются недостаточно изученные инженерно-геологические условия флангов, более глубоких горизонтов, обособленных рудных тел в увязке с планами развития горных работ и с учетом отличия от освоенной части месторождения. Для повышения достоверности прогнозных оценок условий эксплуатации доизучаемых участков необходимо использовать данные, полученные при разработке освоенной части месторождения.

7. На этапе строительства и эксплуатации месторождения (стадия эксплуатационной разведки) в ходе инженерно-геологических исследований уточняются прочностные, деформационные и плотностные свойства пород и массива, параметры природной и техногенной трещиноватости.

Объем инженерно-геологических и геолого-структурных исследований для стадии корректировки проекта действующего или проектирования нового карьера, разреза определяется проектной организацией.

8. Изучение физико-механических свойств выполняется на основе лабораторных и полевых испытаний горных пород.

Изучение структуры массива скальных пород выполняется на основе:

- документирования ориентированного керна (при выходе керна не менее 80%) или стенок скважин;

- геолого-структурной съемки обнажений.

Выбор способов изучения физико-механических свойств и структуры массива скальных пород выполняется эксплуатирующей организацией.

9. На стадии предварительной и детальной разведки месторождения допускается оценка протяженности трещин косвенными методами. На стадии эксплуатации протяженность трещин должна быть уточнена в ходе картирования.

10. На стадии предварительной и детальной разведки месторождения для определения прочностных свойств трещин используются лабораторные испытания. На стадии эксплуатации, при наличии деформаций на уступах необходимо заверить имеющиеся данные по прочностным свойствам трещин обратными расчетами.

11. По мере постановки уступов на предельный контур, а также при приближении к нему на расстояние 100 м, осуществляется геолого-структурная съемка

массива скальных горных пород с описанием произошедших и прогнозом возможных деформаций.

12. При обнаружении деформаций выполняется оценка условий, при которых они произошли, с составлением соответствующих паспортов. Структура и состав паспортов разрабатывается и утверждается техническим руководителем эксплуатирующей организации.

13. В ходе геолого-структурного изучения (картирования) эксплуатируемого месторождения должны быть установлены его геолого-структурные особенности, ориентировка основных систем трещин, выявлены типы потенциальных деформаций и условия их возникновения, отобраны образцы пород для физико-механических испытаний и петрографо-минералогических исследований.

14. Определение элементов залегания поверхностей ослабления осуществляется с помощью горного, солнечного или гироскопического (в случае если массив обладает магнитными свойствами) компаса. Допускается определение азимута и угла падения структурных элементов на основе обработки результатов дистанционной съемки массива.

15. Результаты массовых замеров подлежат статистической обработке с построением круговых диаграмм трещиноватости. Построение диаграмм трещиноватости допускается выполнять с применением программного обеспечения.

16. По результатам картирования составляется сводный геолого-структурный план и/или объемная цифровая модель.

17. Оценка распространения структурных элементов на ниже- и вышележащие горизонты выполняется на основе трассирования следов их пересечения с поверхностью карьера.

18. При геолого-структурном картировании эксплуатируемых месторождений необходимо выполнять ранжирование трещиноватости, а также районирование массива горных пород по степени трещиноватости (блочности) в соответствии с табл. 3 и 4. Допускается вводить промежуточные категории.

**Таблица 3** – Иерархические уровни поверхностей структурного ослабления (разрывных нарушений)

Ранг (порядок) разломов, трещин	Мощность зоны дробления разлома или ширина трещин	Протяженность нарушения	Масштаб карты
Разломы I ранга - глубинные, как правило, сейсмогенные	Сотни и тысячи метров	Сотни и тысячи километров	1:2500000 1:1000000
Разлома II ранга – глубинные, частично сейсмогенные	Десятки и сотни метров	Десятки и сотни километров	1:500000 1:200000
Разломы III ранга	Метры и десятки метров	Километры и десятки километров	1:200000 1:100000
Разломы IV ранга	Десятки и сотни сантиметров	Сотни и тысячи метров	1:50000

Крупные трещины V ранга	Свыше 20мм	Свыше 10м	1:25000 1:10000
Средние трещины VI ранга	10-20 мм	1-10 м	1:5000 1:2000
Мелкие трещины VII ранга	2-10 мм	Менее 1 м	-
Тонкие трещины VIII ранга	1-2 мм	Менее 1 м	-
Локальные трещины IX ранга – внутри пластов, слоев, породных блоков	Менее 1 мм	Менее 1 м	-

**Таблица 4** – Классификация массивов горных пород по трещиноватости и содержанию крупных отдельностей

Категория породы по трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Число трещин на 1 м линии, пересекающей наибольшее их число (модуль трещиноватости)	Средний размер отдельностей, м	Содержание, % в массиве отдельностей размером, мм		
				300	700	1000
I	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	10	0.1	10	Близкое к нулю	Нет
II	Сильно трещиноватые (среднеблочные)	2-10	0,1-0,5	10-70	30	5
III	Среднетрещиноватые	1-2	0,5-1,0	70-100	30-80	5-40
IV	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	1-0,65	1,0-1,5	100	80-100	40-100
V	Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	Менее 0,65	Более 1,5	100	100	100

15. Инженерно-геологическое изучение выполняется на основании программы изучения массива, разработанной специализированной организацией в соответствии с техническим заданием недропользователя, и должна содержать:

- виды и методы инженерно-геологического изучения, которые должны соответствовать целям и стадии исследований;
- объем бурения и назначение каждой скважины;
- виды исследований в стволе скважины;
- способ ориентирования керна, а также методы определения искривления ствола скважины;
- методику документирования керна, включающую его фотографирование;
- количество и участки отбора образцов для определения физико-механических свойств;
- состав гидрогеологических исследований;
- план и геологические разрезы с визуализацией стволов скважин и предполагаемых границ пересечения разрывных нарушений, геологических контактов;

– мероприятия по контролю качества бурения, повышению выхода керна и его документации.

16. Формирование дел скважин включает следующий перечень документов:

- паспорт скважины;
- акт о заложении скважины;
- акты о проведении контрольных замеров координат устья скважин;
- акт инклинометрии;
- геолого-технический наряд с проектными и фактическими данными;
- буровой журнал, заполняемый на каждую отдельную скважину;
- журнал документации керна;
- уровень подземных вод на момент закрытия скважины.

17. При документации керна необходимо разделять естественные трещины от механических на основе наиболее характерных их признаков.

18. Зона дробления, обусловленная нарушениями технологии бурения, должна быть исключена из статистической обработки.

19. Документация керна скважин выполняется в журналах по форме (табл. 5, б) для каждой инженерно-геологической скважины.

**Таблица 5 – Форма журнала инженерно-геологической документации керна**

1	2	3					7	8	9	10	11	12
		4	5	6	7	8						
Интервал документации (м), выход керна, %	Описание пород: название, цвет, состав, структура, вторичные изменения, слоистость, сланцеватость	Описание трещиноватости					Модуль трещиноватости, гр/м	Модуль кусковатости, кус/м	Интервал раздробленного керна	RQD, %	Данные об опробовании, номер пробы, интервал	Примечание
3		4	5	6	7							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

**Таблица 6 – Форма журнала структурной документации керна**

Скважина №	Глубина, м	Тип нарушения	Альфа, °	Группа трещин к оси керна	Диаметр керна, мм	Бета, °	Микрошероховатость	Литология заполнителя	Прочность заполнителя	Ширина раскрытия, мм	Прочность стенок трещины	Надежность ориентирования	Количество трещин зоны дробления	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

20. Количество отбираемых проб из керна определяется неоднородностью петрографического состава и свойств пород, задачами исследований и должно быть обосновано в программе инженерно-геологических исследований. Размер пробы должен обеспечивать возможность изготовления образцов для лабораторных испытаний.

21. При организации инженерно-геологических исследований путем документирования подземных горных выработок, программа работ должна включать:

- методику документирования выработок, которая должна включать фотографирование стенок;
- количество и участки отбора проб для определения физико-механических свойств.

22. Результаты геофизических исследований, выполненных в инженерно-геологических скважинах, должны быть сопоставлены с инженерно-геологическими показателями, полученными при документации их керна.

23. При применении фото/видеометрических исследований бурение инженерно-геологических скважин должно проводиться с использованием специальных промывочных жидкостей, препятствующих загрязнению стенок скважин, или воды.

24. Изучение природного поля напряжений проводится по решению проектной или специализированной организации.

25. Районирование проводится путем выделения на плане, разрезе и/или в трехмерном пространстве областей (доменов), в границах которых массив горных пород обладает одинаковыми инженерно-геологическими условиями.

26. Для месторождений, сложенных скальными и полускальными породами, проводятся структурное и геомеханическое районирование. Для месторождений, сложенных дисперсными породами, выполняется геомеханическое районирование.

27. Основой структурного районирования является изменение элементов залегания систем трещин. При определении границ структурных участков учитываются тектонические разломы, оси складок, контакты литологических разностей.

28. При проведении геомеханического районирования необходимо определить границы участков в пределах которых прочностные свойства массива горных пород считаются однородными. При определении границ геомеханических участков учитываются контакты петрографических разностей, вторичных изменений, нарушенности.

При расчете устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов допускается корректирование результатов районирования.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. При гидрогеологическом изучении месторождения должны производиться работы в соответствии с табл. 1.

**Таблица 1** – Виды гидрогеологических работ в зависимости от стадии освоения месторождения

Стадия освоения месторождения	Виды работ
Поисковых и оценочных работ	Опробование в одиночных скважинах. Наблюдения продолжительностью не менее 1 года за уровнем режимом подземных вод в пробуренных скважинах.
Детальной разведки месторождения	Кустовые опробования основных водоносных горизонтов. Наблюдения за режимом подземных и поверхностных вод.
Доизучение*	Фильтрационные опробования горных пород на локальных участках месторождения.
Строительство и эксплуатация	Наблюдения за техногенным гидродинамическим режимом с выявлением условий эксплуатации дренажных сооружений, скорости снижения напоров в прибортовых массивах по мере развития горных работ.

\* - Проводится в случае пересмотра предполагаемых ранее масштабов и технологии добычи, способов вскрытия и осушения месторождения.

2. Объем гидрогеологических исследований определяется сложностью гидрогеологических условий (табл. 2) месторождения и стадией его изучения (табл. 3).

**Таблица 2** – Признаки сложности месторождений по гидрогеологическому строению

Сложность гидрогеологического строения месторождения	Простое	Сложное	Особо сложное
Изменчивость геометрии кровли и подошвы водоносных горизонтов (комплексов)	Спокойное залегание, выдержанность по мощности	Невыдержанность по мощности	Высокая изменчивость мощности
Изменчивость фильтрационных свойств водоносных горизонтов (комплексов) и водоупоров	Не более чем в 2 раза	До 10 раз	Более чем в 10 раз
Изменчивость питания подземных вод	Не более чем на 50% в годовом цикле	Более чем на 50% в годовом цикле	Неявная выраженность источников питания*

\* К неявно выраженным источникам питания относятся источники неустановленного происхождения. При неявности выраженности источников питания подземных вод расчеты производятся для наиболее неблагоприятных условий питания.

**Таблица 3** – Минимальные объемы гидрогеологических работ в зависимости от сложности гидрогеологических условий

Стадия освоения месторождения	Вид работ	Объем работ в зависимости от степени сложности гидрогеологического строения месторождения			Результаты работ
		Простое	Сложное	Особо сложное	
Поисковых и оценочных работ	Количество одиночных опробований в скважинах на каждый водоносный горизонт на 1 км <sup>2</sup> исследуемого участка в плане	1	3	6	Ориентировочная величина коэффициента фильтрации
	Наблюдения продолжительностью не менее 1 года за уровнем режимом подземных вод во всех гидрогеологических скважинах	В межень 1 раз в месяц, в паводок 1 раз в неделю	В межень 2 раза в месяц, в паводок 2 раза в неделю	В межень 3 раза в месяц, в паводок 3 раза в неделю	Абсолютные отметки уровней воды в паводковый и меженный период, интенсивность инфильтрационного питания, гидравлическое сопротивление ложа водного объекта
Детальной разведки месторождения	Количество кустовых опробований основных водоносных горизонтов на 1 км <sup>2</sup> исследуемого участка в плане	1	3	6	Коэффициенты водопроницаемости и пьезопроводности, параметр перетекания, гидравлическое сопротивление ложа водного объекта
	Наблюдения за режимом подземных и поверхностных вод	В межень 1 раз в месяц, в паводок 1 раз в неделю	В межень 2 раза в месяц, в паводок 2 раза в неделю	В межень 3 раза в месяц, в паводок 3 раза в неделю	Абсолютные отметки уровней воды в паводковый и меженный период, интенсивность инфильтрационного питания, гидравлическое сопротивление ложа водного объекта
Доизучение* месторождения	Фильтрационные опробования горных пород, наблюдения за режимом подземных и поверхностных вод на локальных участках месторождения	Определяется проектной либо специализированной организацией			Уточнение гидрогеологических параметров

Строительство и эксплуатация	Наблюдения за техногенным гидродинамическим режимом с выявлением условий эксплуатации дренажных сооружений, скорости снижения напоров в прибортовых массивах по мере развития горных работ	Определяется проектом отработки месторождения	Уточнение условий формирования водопритоков в горные выработки и параметров дренажной системы. Качественная и количественная характеристика разгрузки подземных вод, характер и масштабы фильтрационных деформаций
------------------------------	--	---	--

\* Доизучение – уточнение гидрогеологических параметров отдельных участков месторождения

3. Фильтрационные расчеты проводятся аналитическими методами. Для уточнения результатов расчетов в сложных и особо сложных условиях применяется численное геофильтрационное моделирование по вертикальным разрезам в двумерной постановке. Трехмерное численное геофильтрационное моделирование должно быть использовано при сложной конфигурации фильтрационного потока, не позволяющей произвести корректные расчеты по вертикальным разрезам.

Результатом геофильтрационных расчетов является прогноз наиболее неблагоприятных уровней и давления подземных вод на этапах отработки месторождения.



## ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ

1. Оценка устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов в зависимости от этапа разработки месторождения открытым способом должна выполняться методами, основанными на теории предельного равновесия, численным и физическим моделированием в соответствии с табл.4.1.

**Таблица 4.1** – Методы оценки устойчивости бортов карьеров, разрезов на различных этапах их проектирования и отработки

Этап проектирования и отработки карьера, разреза	Метод аналогий	Методы, основанные на теории предельного равновесия	Численные методы	Методы физического моделирования и специальные исследования
Предпроектные работы	●	○	○	○
ТЭО	Временных кондиций	○	●	○
	Постоянных кондиций	○	●	○
Проектирование до начала эксплуатации	○	●	○	○
Проявление критических деформаций при эксплуатации	○	●	◆	○
Реконструкция карьера	○	●	◆	○

«●» – для всех объектов ведения горных работ;

«◆» – для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения;

«○» – как дополнительный метод

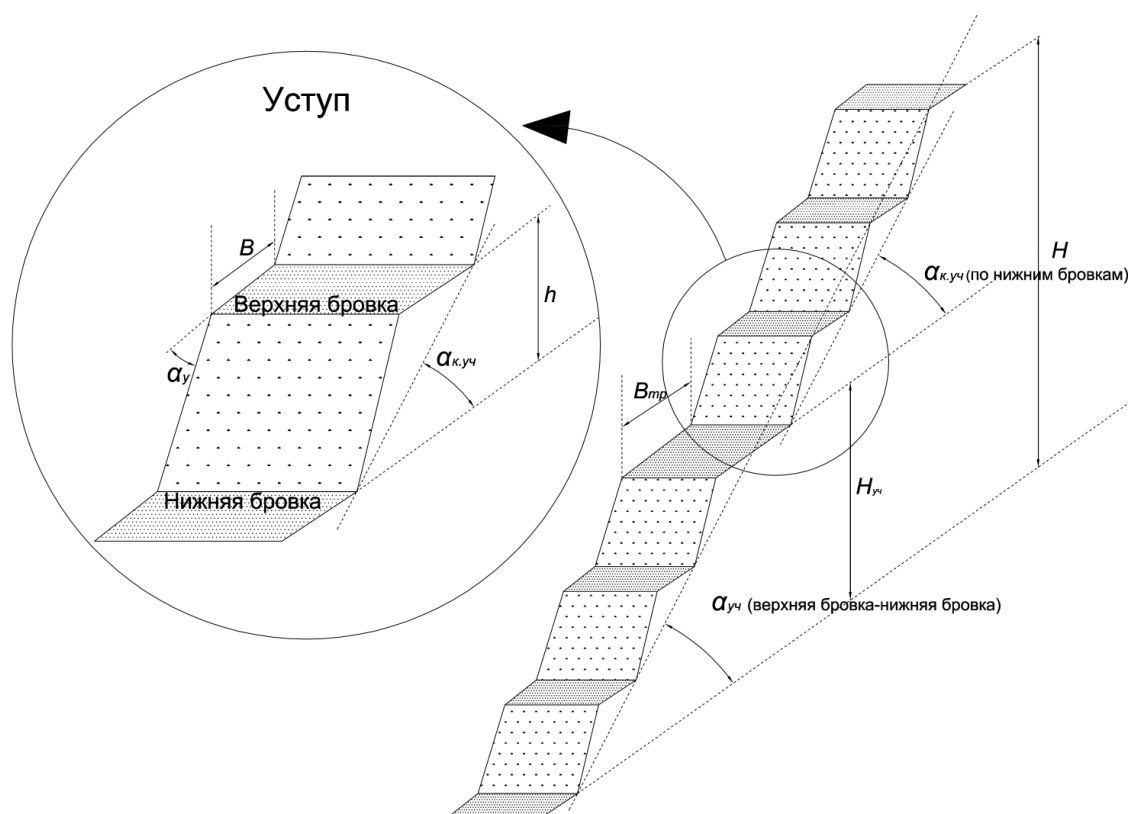
2. При оценке устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов исходные данные определяются выбранной моделью деформирования и критерием разрушения прибортовых массивов, созданной на основе инженерно-геологического изучения и районирования месторождения.

3. В качестве исходных данных используются физико-механические свойства массива горных пород и поверхностей ослабления. В случае прерывистости поверхностей ослабления для расчетов необходимо применять эквивалентные свойства.

4. Корректировку исходных данных для выполнения расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов допускается осуществлять на основании натурных данных и результатов наблюдений, отражающих фактическое состояние прибортового массива.

5. Учет формы карьера, разреза в плане проводится по решению проектной или специализированной организации путем решения трехмерной задачи.

6. Параметры бортов и уступов карьеров, разрезов определяются в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.1.



**Рисунок 4.1** – Схема конструкции бортов и уступов. Высота и угол борта карьера ( $\alpha$ ), откоса участка ( $\alpha_{yч}$ ) и уступа ( $\alpha_y$ ) измеряются от верхней до нижней бровки. Угол  $\alpha_{к,уч}$  отображает конструктивный угол группы уступов

7. Определение наиболее напряженной поверхности скольжения производится с использованием аналитических решений или путем перебора множества поверхностей ослабления по минимальному коэффициенту запаса устойчивости.

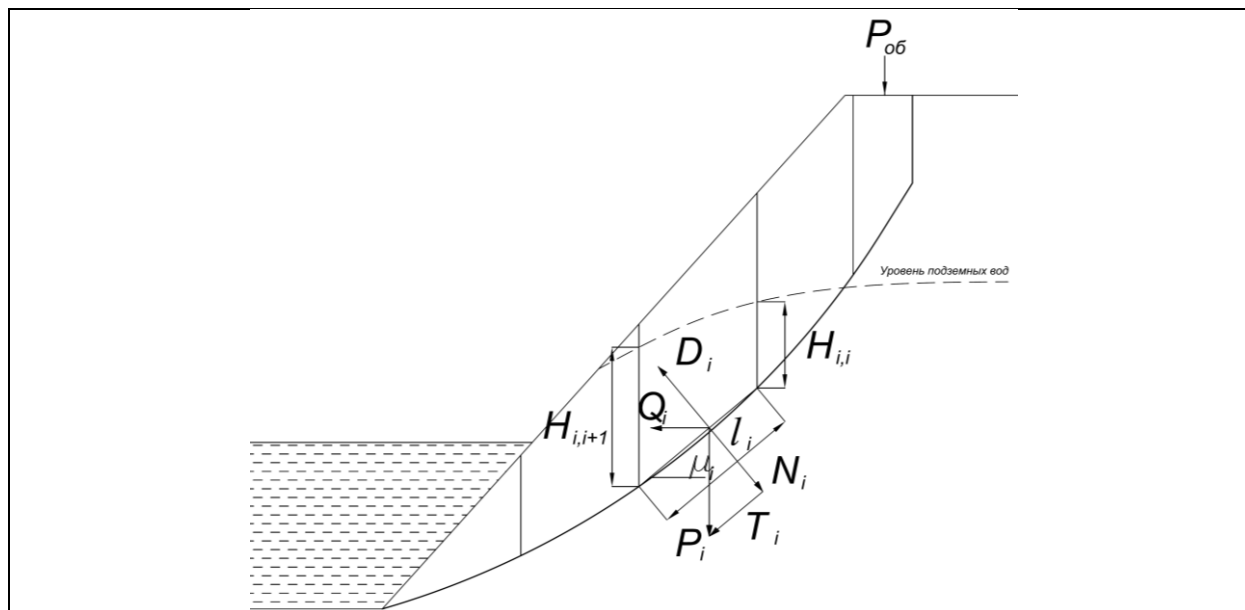
8. При построении поверхности скольжения необходимо отстраивать трещину отрыва на глубину  $H_{90}$ :

$$H_{90} = \frac{\sigma_0}{\gamma} = \frac{2C_n}{\gamma} \operatorname{ctg}(45 - 0,5\varphi_n),$$

где:  $\sigma_0$  – прочность пород на одноосное сжатие;  $C_n$  – сцепление породы;  $\varphi_n$  – угол внутреннего трения породы;  $\gamma$  – вес единицы объема горных пород (объемный вес).

9. На этапе предпроектных работ допускается определять параметры бортов и уступов карьеров, разрезов на основании метода аналогий по решению специализированной организации.

10. Расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов методом алгебраического сложения сил, основанного на теории предельного равновесия, выполняется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.2.



$$n = \frac{\sum \left[ \left( P_i \cos \mu_i + P_i^B \frac{\cos(\alpha - \mu_i)}{\cos \alpha} - D_i + \Delta P \cos(45 + 0,5\varphi_n) - Q_i \sin \xi_i \right) \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i + A \right]}{\sum \left[ P_i \sin \mu_i - P_i^B \frac{\sin(\alpha - \mu_i)}{\cos \alpha} + \Delta P \sin(45 + 0,5\varphi_n) + Q_i \sin \xi_i + B \right]} \quad (4.1)$$

$$D_i = \frac{H_{i,i-1} + H_{i,i+1}}{2} \gamma_e l_i \quad (4.2)$$

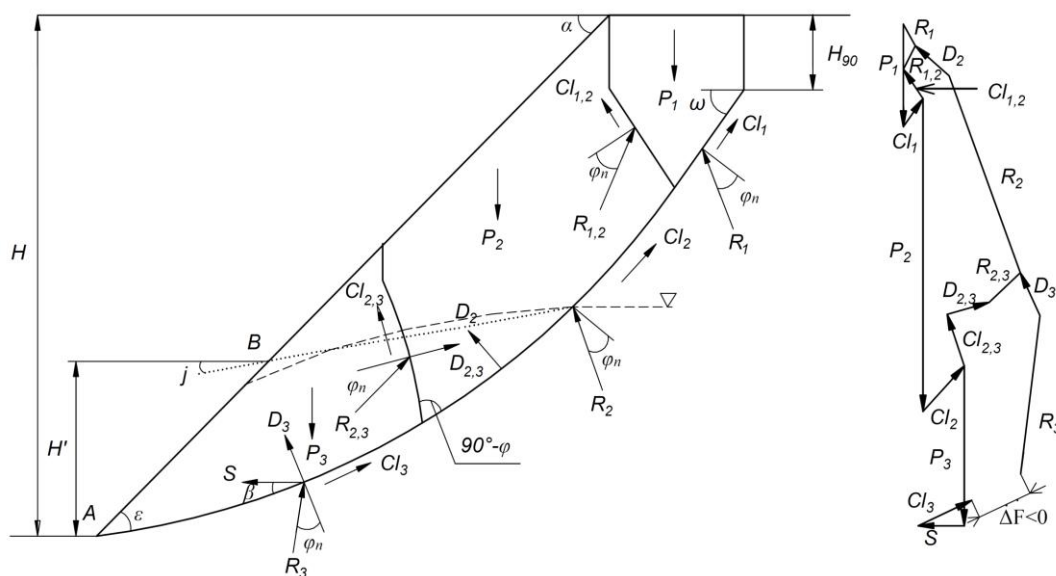
$$\Delta P = \frac{P_{об}}{a + 2 \cdot \frac{1}{3} \left[ \frac{b}{\operatorname{tg}(45 - 0,5\varphi)} \right]} \quad (4.3)$$

$$Q_c = K_0 \cdot K_1 \cdot P \cdot k_c \quad (4.4)$$

где:  $P$  – вес блока, т;  $\alpha$  – угол откоса, град.;  $\mu_i$  – угол наклона основания блока, град.;  $P_i^B$  – вес «свободной» (находящейся выше линии откоса) воды в пределах блока, т;  $D_i$  – сила гидростатического давления, т;  $H_{i,i+1}$ ,  $H_{i,i-1}$  – напор на гранях блоков;  $l_i$  – длина основания блока;  $\gamma_e$  – плотность воды;  $\Delta P$  – удельная нагрузка от оборудования, т/м;  $P_{об}$  – общий вес оборудования/сооружения;  $a$  – среднее расстояние между опорами;  $b$  – расстояние от края оборудования/сооружения до верхней бровки;  $Q_i$  – сейсмическая сила, т;  $\xi_i$  – угол между поверхностью скольжения и направлением сейсмической силы, измеренный в вертикальной плоскости;  $K_0$  – коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность (т.е. для карьеров принимают 1,5, для отвалов – 1,0);  $K_1$  – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений ( $K_1=0,25$ );  $k_c$  – коэффициент сейсмичности, который представляет собой значения ускорения колебаний в долях  $g$ ;  $A$  – дополнительные удерживающие силы;  $B$  – дополнительные сдвигающие силы.

**Рисунок 4.2** – Расчет устойчивости обводненного изотропного откоса с учетом воздействия сейсмических сил методом алгебраического сложения сил

11. Расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов методом векторным сложением сил (метод многоугольника сил), основанного на теории предельного равновесия, выполняется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.3.



**Рисунок 4.3** – Расчет устойчивости обводненного изотропного откоса с учетом воздействия сейсмических сил методом векторного сложения сил:  $P_i$  – вес рассматриваемого блока;  $Cl_{i,i+1}$ ,  $Cl_{i,i-1}$ ,  $Cl_i$  – силы сцепления, направленные параллельно соответствующим границам блоков;  $D_{i,i+1}$ ,  $D_{i,i-1}$ ,  $D_i$  – силы гидростатического давления по границам блоков;  $R_{i,i+1}$ ,  $R_{i,i-1}$ ,  $R_i$  – реакции по границам блоков;  $S$  – сейсмическая сила;  $\beta$  – угол наклона сейсмической силы

12. Расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов выполняется методами предельного равновесия, удовлетворяющими трем уравнениям равновесия:

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum M = 0.$$

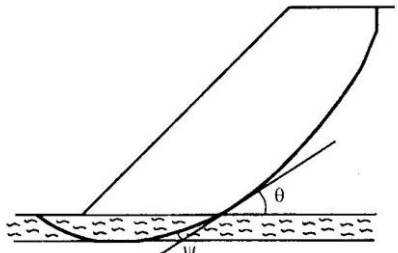
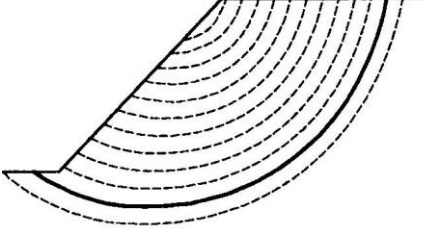
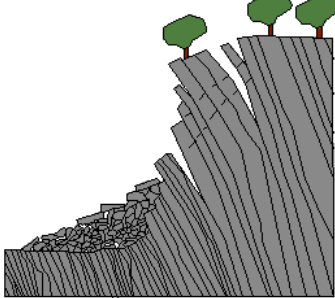
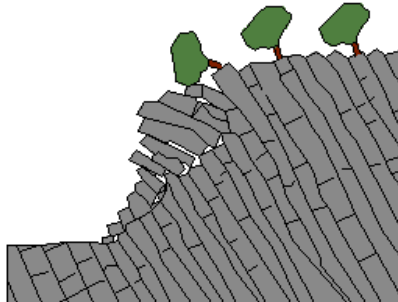
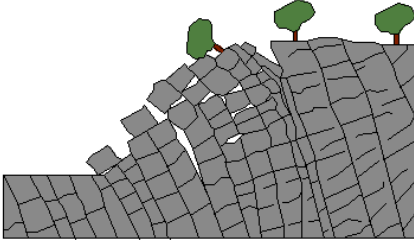
13. Выбор расчетных схем определяется на основе анализа геолого-структурного строения прибортового массива с учетом рассматриваемого масштаба: уступ, группа уступов, борт. Схемы расчета устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов приведены в табл.4.2.

14. Построение выпуклого профиля осуществляется путем придания каждому его элементу максимального угла наклона, обеспечивающего его устойчивость и устойчивость всех групп элементов борта, начиная с предполагаемого дна карьера, разреза.

Таблица 4.2 – Схемы расчета устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов

№	Расчетная схема	Краткое описание	Условия применения
1		<p>Предельные параметры для необводненных массивов определяются исходя из рисунка 4.4</p> <p>Для реального откоса расчет должен выполняться путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 7-9.</p> <p>Ширина призмы возможного обрушения определяется согласно номограмме (рис. 4.4).</p>	<p>Отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, либо поверхности ослабления направлены под углами: <math>-5^\circ &lt; \beta &lt; -60^\circ</math></p>
2		<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12.</p>	<p>Отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, породы с низкой несущей способностью <math>\varphi_n &lt; 13^\circ</math>, <math>\alpha &lt; (45 - 0,5\varphi_n)</math></p>
3		<p>Высота вертикального уступа:</p> $H_e = H_{90} \left( 1 + \sqrt{\frac{\sigma_{pn}}{C_n} \operatorname{tg}(45 - 0,5\varphi_n)} \right)$ <p>Ширина призмы возможного обрушения</p> $m = H_{90} \sqrt{\sigma_p / C_n} \operatorname{tg}(45 - 0,5\varphi_n)$	<p>Отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, либо поверхности ослабления направлены под углами: <math>-5^\circ &lt; \beta &lt; -60^\circ</math></p>
4		<p>Высота вертикального уступа</p> $H'_e = h' + \sqrt{\frac{2\sigma_p h'}{\gamma} \operatorname{tg}(\beta) \operatorname{ctg}(\beta - \varphi')}$ $h' = \frac{C' \cos \varphi'_n}{\gamma \cos(\beta) \sin(\beta - \varphi'_n)}$ <p>Ширина призмы возможного обрушения</p> $m = (H'_e - h') \operatorname{ctg} \beta$	<p>Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления, направленных в сторону выработанного пространства при <math>\beta &gt; \varphi'</math>. Схема применяется при условии <math>h' \leq H_{90}</math> и <math>H'_e \leq H_B</math></p>
5		<p>Высота уступа</p> $H = \frac{2C'_n}{\gamma} \frac{\sin \alpha \cos \varphi'_n}{\sin(\alpha - \beta) \sin(\beta - \varphi'_n)}$ <p>Ширина призмы возможного обрушения</p> $m = H(\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha)$	<p>Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления, направленных в сторону выработанного пространства при <math>\beta &gt; \varphi'</math> и угле откоса <math>\alpha &gt; \beta</math></p>

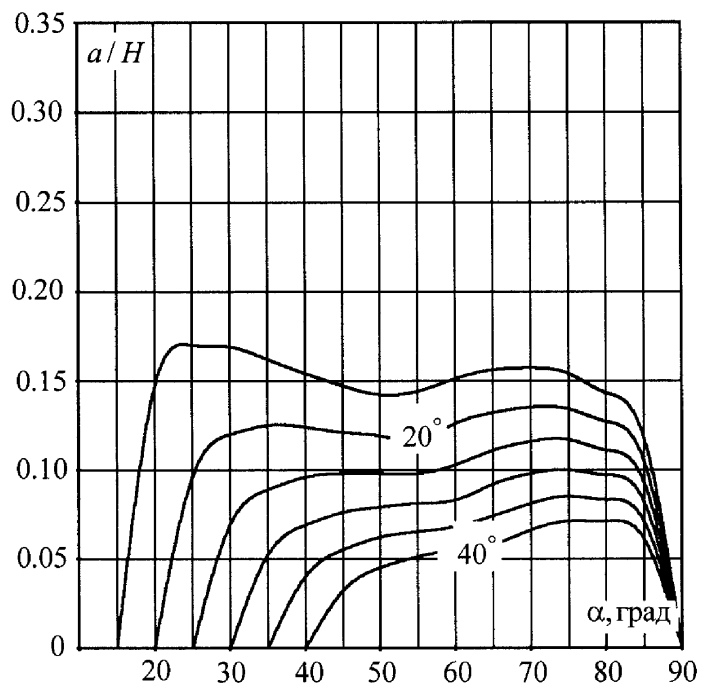
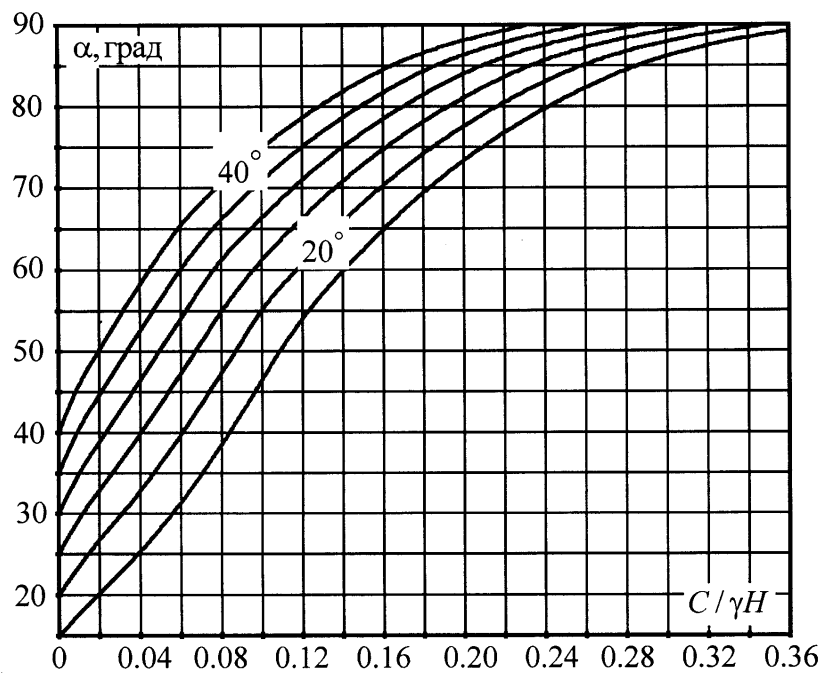
6		<p>Высота уступа  <math display="block">H = \frac{C' \cos \varphi'}{\gamma \cos \beta \sin(\beta - \varphi') (1 - \sqrt{\text{ctg}(\alpha) \text{tg}(\beta)})}</math>         Ширина призмы возможного обрушения  <math display="block">m = (H - H_{90}) \text{ctg} \beta - H \text{ctg} \alpha</math></p>	<p>Уступ сложен сильно трещиноватыми породами. Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления, направленных в сторону выработанного пространства при <math>\beta &gt; \varphi'</math> и угле откоса <math>\alpha &gt; \beta</math></p>
7		<p>Заоткоска по наслоению.          Высота уступа:  <math display="block">H = (b + 2ac) + \sqrt{(b + 2ac)^2 - b^2}</math> <math display="block">a = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha - \varphi'_n)} [0,5(3\text{ctg} \varepsilon - \text{ctg} \alpha) \sin(\alpha - \varphi'_n) + \text{ctg} \varepsilon \cos(\alpha + \varepsilon) \cos(\varepsilon - \varphi'_n)] \cos \varphi'_n</math> <math display="block">b = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha - \varphi'_n)} \left[ \frac{2C'_n \cos \varphi'_n \text{ctg} \varepsilon}{\gamma} - \frac{C'_n}{\gamma} (\text{ctg} \varepsilon - \text{ctg} \alpha) \cos \varphi'_n \right]</math> <math display="block">b = \frac{C'_n \cos \varphi'_n}{\gamma \sin(\alpha - \varphi'_n)}</math>         Ширина призмы возможного обрушения  <math display="block">m = \frac{H - b}{2a \sin \beta}</math></p>	<p>Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления, направленных в сторону выработанного пространства при <math>\beta &gt; \varphi'</math> и угле откоса <math>\alpha = \beta</math></p>
8		<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12. Частным случаем является откос, подсеченный нарушением. В этом случае поверхность скольжения в верхней части совпадает с нарушением.</p>	<p>Наклонное и крутое залегание слоев с падением в сторону выработанного пространства при <math>\alpha &lt; \beta &lt; 90</math> и <math>\beta &gt; \varphi'</math></p>
9		<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12.</p>	<p>Пологое залегание поверхностей ослабления при <math>\beta &lt; \varphi'</math>, <math>-5 &lt; \beta &lt; 25^\circ</math>,</p>

10		<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12.</p>	<p>Наличие слабого слоя, общее сопротивление сдвигу которого ниже, чем у вышележающих пород</p>
11		<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12.</p>	<p>Мульдообразное залегание пород.</p>
12		<p>Деформирование откоса путем изгиба слоев В качестве приближенного и грубого подхода допустимо введения в угол изотропного откоса (<math>\alpha_{из}</math>) поправок (<math>\Delta\alpha</math>) на основании графика (рисунок 5.5):</p> $\alpha_{сл} = \alpha_{из} - \Delta\alpha$ <p>Для более точной оценки необходимо проводить физическое или численное моделирование.</p>	<p>Наличие крутопадающих поверхностей ослабления, направленных в массив (обратное падение) при <math>60 \leq \beta \leq 90</math>.</p>
		<p>Деформирование откоса путем опрокидывание блоков. Для более точной оценки необходимо проводить физическое или численное моделирование.</p>	<p>Наличие крутопадающих и пологопадающих поверхностей ослабления, направленных в массив (обратное падение) при <math>60 \leq \beta \leq 90</math>.</p>
		<p>Деформирование откоса с элементами изгиба слоев и опрокидывания блоков. Для более точной оценки необходимо проводить физическое или численное моделирование.</p>	<p>Трещиноватый массив, наличие крутопадающих и пологопадающих поверхностей ослабления, направленных в массив (обратное падение) при <math>60 \leq \beta \leq 90</math>.</p>
13	<p>Комбинация различных видов деформирования</p>	<p>Расчет выполняется путем последовательных приближений с использованием методов, приведенных в пунктах 10-12 и/или с применением физического или численного моделирования</p>	<p>Геолого-структурное строение отличается от схем 1-12 или представляет их комбинацию</p>

Примечание:

Знак минус при углах падения поверхностей ослабления ( $\beta$ ) означает направление в сторону массива, без знака минус – в сторону выработанного пространства.

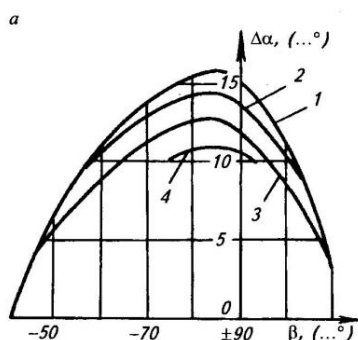
Схемы 4-9,12 применимы при условии, если простирание поверхностей ослабления отличается от простирания поверхностей бортов и уступов карьеров, разрезом не более чем на 20 град.



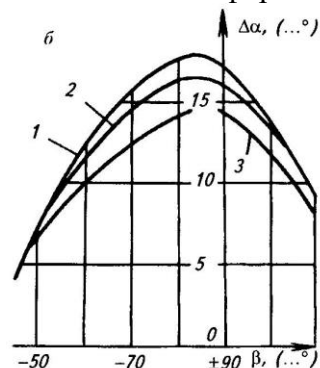
**Рисунок 4.4** – Графики зависимости между высотой плоского изотропного откоса  $H$  и его углом наклона  $\alpha$  для различных углов внутреннего трения  $\varphi$  и сцепления пород в массиве (а); номограмма для определения ширины призмы возможного обрушения в однородном откосе (б)



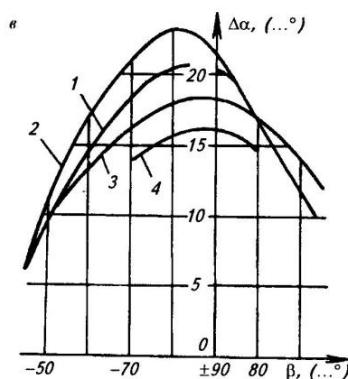
При полном опрокидывании слоев (а)



На момент скачка деформации (б)



При появлении видимых трещин (в)



$$1 - \alpha_{uz} = 57^\circ, \varphi' = 17^\circ; 2 - \alpha_{uz} = 52^\circ, \varphi' = 17^\circ;$$

$$3 - \alpha_{uz} = 52^\circ, \varphi' = 24^\circ; 4 - \alpha_{uz} = 52^\circ, \varphi' = 30^\circ$$

**Рисунок 4.5** – Графики отрицательных поправок при определении предельных углов наклона бортов с обратной крутопадающей слоистостью

15. При численном моделировании расчет коэффициента запаса устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов осуществляется путем поэтапного снижения прочности на сдвиг до появления в расчете пластических деформаций.

16. Коэффициент запаса, полученный методом снижения прочности при численном моделировании, эквивалентен коэффициенту запаса, определяемому методами предельного равновесия.

17. Численным моделированием допускается определять параметры напряженно-деформированного состояния прибортового массива.

18. При использовании вероятностного подхода вероятность обрушения определяется с помощью статистических многопараметрических методов в рамках статистической изменчивости каждого из факторов как соотношение доли коэффициентов запаса меньше или равному 1 ко всему объему проведенных итераций, выраженное в процентах.

19. При использовании метода предельного равновесия и численного моделирования на любом этапе проектирования месторождения вероятностный подход

применяется как дополнительный для более точного учета влияния изменчивости факторов, которые учитываются в выбранных нормативных критериях устойчивости для вероятностного подхода (Приложение 5).

20. Перед применением вероятностного подхода допускается исключение одного или нескольких факторов путем выявления низкого (менее 1%) влияния на результаты расчета путем выполнения анализа чувствительности.

21. Вероятностный анализ должен проводиться отдельно для различных масштабов: уступ, группа уступов и борт.

22. На этапе эксплуатации расчетам устойчивости уступов вероятностными методами должна предшествовать калибровка с реальными условиями и произошедшими деформациями. В результате калибровки определяются форма и масштаб вывалов, расстояние между трещинами и протяженность трещин и вариация их значений, выполняются обратные расчеты с получением прочностных характеристик.

23. Физическое моделирование используется для оценки смещений и механизма деформирования прибортового массива при соблюдении критериев подобия.

24. В расчетах устойчивости бортов карьеров, разрезов должно учитываться влияние всех водоносных горизонтов, представленных в прибортовом массиве.

25. Оценка возможности проявления фильтрационных деформаций должна осуществляться с учетом особенностей режима подземных вод, гранулометрического состава горных пород и заполнителей в трещинах.

26. В многолетнемерзлых породах при обосновании конструктивных параметров бортов и уступов необходимо учитывать влияние таликов на их устойчивость. Необходимость привлечения специализированной организации определяет технический руководитель.

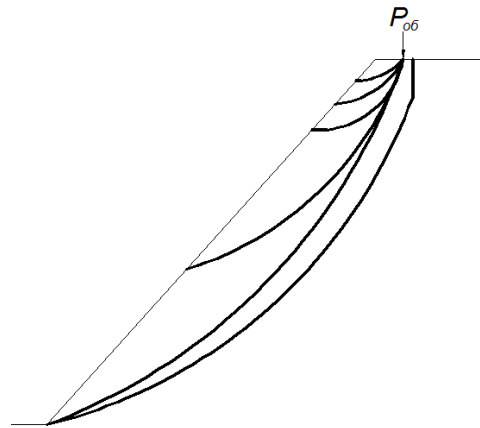
27. Влияние нагрузок от оборудования, зданий или сооружений на устойчивость уступов карьера (разреза), сложенных скальными и полускальными породами, должно учитываться только при их стационарном размещении. Учет влияния нагрузок от оборудования, зданий или сооружений на устойчивость уступов карьера, разреза сложенных слабыми породами (глинистые, суглинистые, супесчаные обводненные породы) является обязательным во всех случаях, за исключением кратковременных нагрузок, возникающих при передвижении оборудования.

28. Учет горного оборудования, зданий или сооружений при их расположении на бермах должно осуществляться в плоской постановке (без учета бокового зажима) по формуле (4.3), приведенной в пункте 10 настоящего приложения, либо путем увеличения высоты уступа на мощность эквивалентного слоя  $h_3$ :

$$h_3 = \frac{P_{об}}{b\gamma},$$

где:  $\gamma$  – плотность горной породы,  $b$  – линейный размер оборудования, здания или сооружения, перпендикулярный бровке откоса.

29. Расчет устойчивости уступов карьеров, разрезов должен выполняться для верхней части уступа (первые метры от верхней бровки) и на всю высоту (рис. 4.6). Выбор схема деформирования уступов необходимо осуществляться в соответствии с табл. 2.



**Рисунок 4.6** – Схема расчета устойчивости уступа с учетом влияния веса оборудования, зданий, сооружений

30. Для выбранной схемы расчета определяется величина трещины отрыва по формуле:

$$H'_{90} = \frac{2C_n \operatorname{ctg}(45 - \varphi_n) - \Delta P}{\gamma}. \quad (4.5)$$

При отрицательной величине  $H'_{90}$  длину трещины отрыва необходимо принимать равной нулю.

31. При выполнении расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов кратковременное сейсмическое воздействие при землетрясениях должно учитываться путем введения дополнительной горизонтальной сейсмической силы в уравнение баланса сил. Величина сейсмической силы определяется в соответствии с формулой (4.4) приведенной в пункте 11 настоящего приложения.

Допускается учет кратковременного сейсмического воздействия за счет увеличения нормативного коэффициента запаса устойчивости. При этом ввод дополнительной горизонтальной сейсмической силы в уравнение баланса сил не требуется.

32. Максимальное ускорение сейсмических колебаний грунта должно определяться при вероятности возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет – 10 %.

33. Ширина предохранительной бермы должна определяться исходя из улавливающей способности и обеспечения возможности передвижения горного оборудования для зачистки площадок:

$$B = \max \begin{cases} B_o + B_n \\ B_o + B_{об} \end{cases},$$

где:  $B_o$  – ширина осыпи, м;  $B_n$  – ширина бермы для задерживания падающих камней, м;  $B_{об}$  – минимальная ширина рабочей части бермы, достаточная для безопасного размещения и работы оборудования по очистке берм от осыпей.

34. При вероятностной оценке устойчивости уступов ширина предохранительной бермы должна определяться исходя из формулы:

$$B = B_{no} + B_p + B_{эф}, \quad (4.6)$$

где:  $B_{no}$  – ширина призмы возможного обрушения, м;  $B_p$  – ширина развала после обрушения с вышележащего уступа, м;  $B_{эф}$  – эффективная ширина бермы (оставшаяся часть бермы после сработки осыпью и ширины развала с вышележащего уступа), которая принимается:

- не менее 4 м для верхних уступов карьера при сроке стояния откосов более 10 лет;
- не менее 2 м для любых уступов карьера при сроке стояния откосов менее 10 лет;
- 0 м для нижних уступов при доработке карьера при сроке стояния откосов менее 1 года.

## ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ

1. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов при детерминированном подходе выбираются в соответствии с табл.5.1.

**Таблица 5.1** – Нормативные коэффициенты запаса устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов

Характеристика откоса	Отработка основных запасов				Проектирование доработки карьера*, лет			Для ответственных сооружений в чаше карьера	
	до 1 года (рабочий уступ)	на конечном контуре			менее 1	1-3	более 3		
		проектирование до начала эксплуатации	реконструкция, лет						
1	2		3	4	5	6	7	8	9
<i>Полускальные и скальные породы</i>									
Уступ	<u>1,20</u> 1,10	2,00	<u>1,50</u> 1,20	<u>2,00</u> 1,30	<u>1,15</u> 1,05	<u>1,20</u> 1,10	<u>1,50</u> 1,20	2,20	
Участок борта, борт	-	1,40	<u>1,20</u> 1,15	<u>1,30</u> 1,15	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,10	1,50	
<i>Песчаные и гравелистые породы</i>									
Уступ, участок борта, борт	<u>1,15</u> 1,10	1,25	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,15	<u>1,10</u> 1,05	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,15</u> 1,10	1,30	
<i>Глинистые породы</i>									
Уступ	<u>1,20</u> 1,10	1,50	<u>1,30</u> 1,15	<u>1,50</u> 1,20	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,15	<u>1,30</u> 1,15	2,00	
Участок борта, борт	<u>1,20</u> 1,10	1,40	<u>1,20</u> 1,15	<u>1,30</u> 1,20	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,15	1,50	

\*обязательный инструментальный мониторинг в режиме реального времени со сплошной зоной покрытия рабочей зоны; в числителе – при наличии людей в рабочей зоне, в знаменателе – при безлюдной выемке  
Примечание: участок борта – два и более уступов

2. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости отвалов при детерминированном подходе выбираются в соответствии с табл.5.2.

**Таблица 5.2** – Нормативные коэффициенты запаса устойчивости для отвалов при детерминированном подходе в сейсмически спокойных районах

Тип отвальной массы	Тип основания*		
	Прочное основание	Слабый контакт	Слабое основание
Скальная отвальная масса	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,15</u> 1,10	<u>1,30</u> 1,15
Смесь песчано-глинистых и скальных пород	<u>1,20</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,10	<u>1,30</u> 1,15
Песчано-глинистые породы	<u>1,20</u> 1,10	<u>1,20</u> 1,10	<u>1,30</u> 1,15
<i>При расположении на отвале или в непосредственной близости от него ответственного сооружения</i>			
Для всех типов	1,30	1,30	1,40

\* в числителе – при наличии людей в рабочей зоне, в знаменателе – при безлюдной выемке  
*Прочное основание* – основание, представленное скальными, полускальными и песчано-гравийными породами, сопротивление сдвигу которых не ниже, чем у отвальной массы  
*Слабый контакт* – слой, мощностью не более 2 метров, представленный глинисто-суглинистыми породами, сопротивление сдвигу которых ниже, чем у отвальной массы  
*Слабое основание* – слой, мощностью более 2 метров, представленный глинисто-суглинистыми породами, сопротивление сдвигу которых ниже, чем у отвальной массы

3. В сейсмически активных районах (сейсмичность 7 и более баллов по шкале MSK-64) расчет устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов необходимо проводить без учета и с учетом сейсмических сил от землетрясений. В первом случае расчетный коэффициент запаса должен быть не менее значений, приведенных в таблицах 1-2. Во втором случае, коэффициент запаса с учетом введения в расчет сейсмических сил должен быть не менее значений, приведенных в табл.5.3.

Допускается выполнять расчет устойчивости участков и бортов карьеров, разрезов, поставленных в конечное положение, без учета сейсмических сил от землетрясений, при этом коэффициенты запаса, приведенные в табл. 1 должны быть увеличены на 0,05 для 7-балльной зоны, 0,1 – для 8-балльной зоны и 0,15 – для 9-балльной зоны (коэффициенты, приведенные в табл. 3, в этом случае не используются).

**Таблица 5.3** – Нормативные коэффициенты запаса устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов с учетом сейсмических сил от землетрясений

Характеристика откоса	Наличие ответственных сооружений	
	Отсутствуют	Присутствуют
Рабочий уступ	1,00	–
Уступ в конечном положении	1,10	1,15
Борт, участок борта, временно-нерабочий борт	1,05	1,10
Отвал (ярус)	1,05	1,10

4. Нормативные критерии устойчивости уступов, бортов карьеров и разрезов при вероятностном подходе выбираются в соответствии с табл. 5.4.

**Таблица 5.4** – Нормативные коэффициенты запаса устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов при вероятностном подходе

Масштаб	Область применения	Коэффициент запаса устойчивости	Допустимая вероятность обрушения, $[KЗУ \leq 1]$ , %
Уступы	Рабочий до 1 года или доработка менее 1 года	Не рассчитывается	40%*
	Реконструкция до 5 лет		30%*
	Проектирование до начала эксплуатации или реконструкция более 5 лет или ответственные сооружения		20%*
Группа уступов между транспортными съездами	Доработка менее 2 лет	1,20	20%
	Реконструкция до 5 лет	1,25	15%
	Проектирование до начала эксплуатации или реконструкция более 5 лет или ответственные сооружения	1,30	10%
Борт карьера в целом	Доработка менее 3 лет	1,20	15%
	Реконструкция до 5 лет	1,30	10%
	Проектирование до начала эксплуатации или реконструкция более 5 лет или ответственные сооружения	1,50	5%

\* Суммарный процент локальных обрушений уступов

5. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости, приведенные в таблицах 5.1-5.3, могут быть скорректированы для конкретных условий на основании заключения специализированной организации.

6. Нормативный коэффициент запаса устойчивости для отвалов, формируемых в режиме управляемых деформаций, не регламентируется. Выполнение данных работ осуществляется только на основании заключения специализированной организации. Безопасность работ обеспечивается технологией складирования отвальной массы и мониторингом состояния площадок разгрузки.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛОВ

1. Устойчивость отвалов определяется инженерно-геологическими и гидрогеологическими особенностями основания предполагаемого участка складирования пород, типом складированных пород и технологией отвалообразования. Расчеты устойчивости отвалов выполняются теми же методами, что и расчеты устойчивости уступов и бортов карьеров, разрезов.

2. При отсыпке отвалов возможны только три схемы нарушения их устойчивости (рис. 6.1):

- надподшвенный оползень (рис. 6.1а), характеризующийся плавной криволинейной поверхностью скольжения, реализующейся в теле отвала и выходящей в его нижнюю бровку (возможен только в случаях, когда количество прочных скальных пород в отвальной смеси не превышает 20%);

- контактный (подошвенный) оползень (рис. 6.1б, 6.1в), когда наиболее напряженная поверхность претерпевает излом и частично реализуется в теле отвала, а частично – по контакту отвальных пород и пород основания (возможен при наличии на поверхности основания прослоя талых песчано-глинистых отложений мощностью не менее 0,1 м, а также при «раздавливании» весом отвала слабых складированных пород);

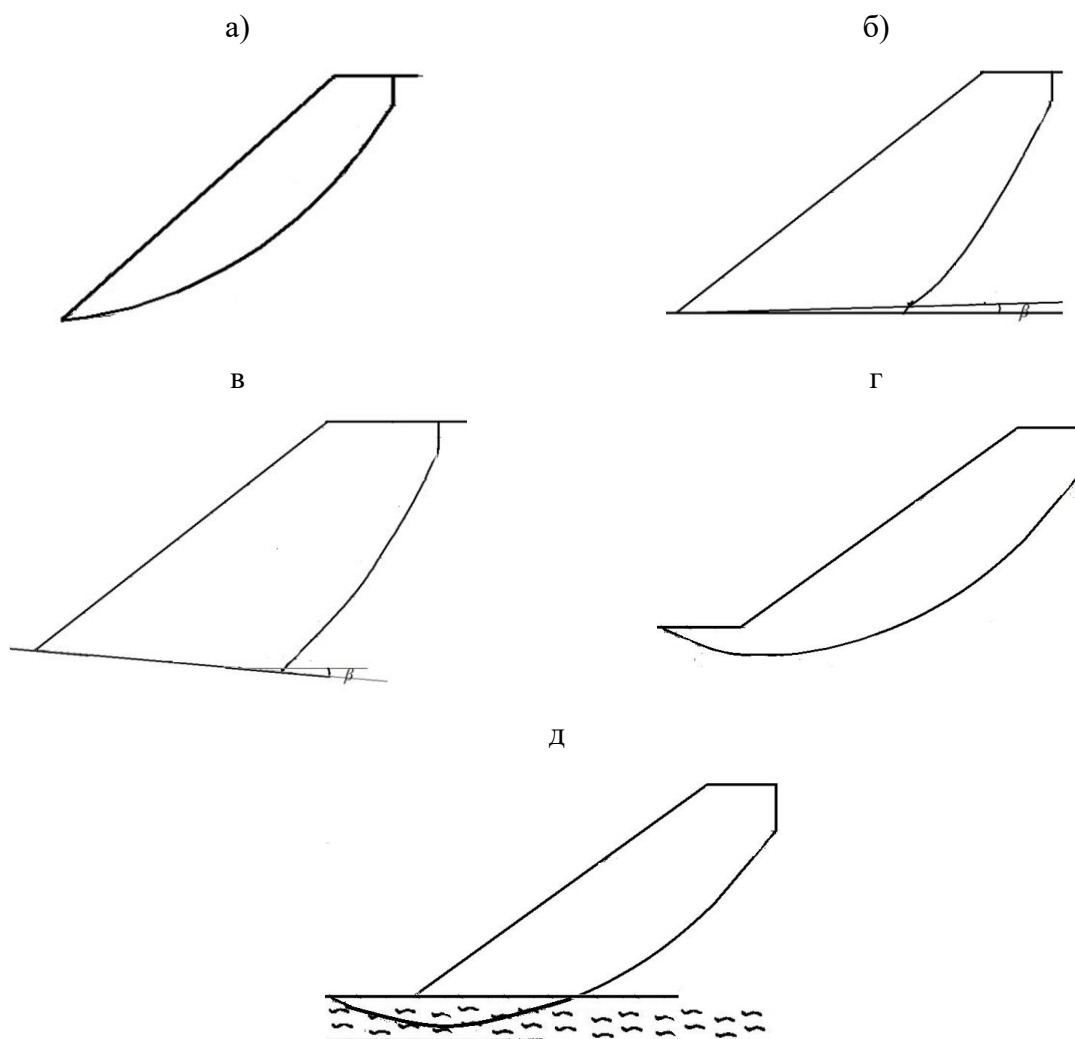
- подпошвенный оползень (рис. 6.1г, 6.1д), сопровождающийся вылавливанием слабых пород основания неограниченной (рис. 6.1г) или ограниченной (рис. 6.1д) мощности (может развиваться при слабых породах основания, при наличии напорных вод в породах основания, при «раздавливании» весом отвала слабых складированных пород, а также развиваться при отсыпке ярусов отвала на слабые породы нижнего яруса).

3. В результате инженерно-геологических и гидрогеологических исследований должны быть изучены: прочность отвальных пород в куске, сдвиговые характеристики отвальной массы, строение основания (наклон основания, наличие прослоев слабых пород и их мощность, наличие водоносных горизонтов, возможность образования техногенных водоносных горизонтов в нижней части отвала и в породах основания).

4. Изучение инженерно-геологических условий выполняется на стадии составления проекта отвала и, при необходимости, уточняется в процессе эксплуатации сооружения при изменении параметров его внешних откосов (увеличение высоты, изменение контура откоса) и технологии отвалообразования (схемы заполнения, применяемого оборудования, интенсивности отсыпки), при консервации или рекультивации отвала, а также при



планировании любого технологического мероприятия, способного повлиять на условия устойчивости внешних откосов (строительство дорог, изменение состава и состояния пород, формирование в непосредственной близости других горнотехнических и гидротехнических сооружений, подработка подземными горными работами пр.).



**Рисунок 6.1** – Типы возможных оползней на отвалах; а – надподошвенный; б и в – подошвенный (контактный), г и д - подподошвенный

5. Состав, объемы и методика выполнения исследований определяется инженерной задачей, решаемой для конкретного объекта (строительство, эксплуатация, рекультивация и т.д.) в соответствии с категорией сложности объекта (табл. 6.1) и стадией исследований.

Степень сложности определяют по совокупности факторов: если хотя бы один из них имеет более высокую категорию, то необходимо отнести отвал к соответствующей этому фактору категории.

**Таблица 6.1** - Категории сложности условий отвалообразования

Фактор	Категория сложности		
	1 - простые	2 - сложные	3 – особо сложные
Основание	Прочное (скальное) или вечномерзлое	Дисперсные породы	Дисперсные мягкие связные породы
Угол наклона основания, град.	менее 5	5 - 10	более 10
Гидрогеологические условия	Отсутствие подземных вод или наличие одного выдержанного в плане безнапорного водоносного горизонта	Наличие напорного водоносного горизонта в отвале или в его основании	Наличие в отвале или в его основании нескольких напорных водоносных горизонтов
Преобладающий состав отвальной смеси	Песчано-супесчаный, дресвяно-щебенистый, обломки скальных и полускальных пород, многолетнемерзлые песчано-глинистые породы	Песчано-глинистые породы, моренные отложения	Песчано-глинистые породы, моренные отложения
Строение массива	Однородный	Неоднородный	Неоднородный

6. На стадии рекогносцировочных исследований анализируются материалы ранее выполненных инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, а также технические проекты по организации отвальных работ на близко расположенных месторождениях-аналогах.

7. Полевые исследования на объектах с особо сложными условиями начинаются с полевого опробования методами статического зондирования (по возможности, с замером порового давления). Данные виды испытания производятся по сетке с расстоянием между точками опробования 50—100 м. Замер порового давления по глубине выполняется для каждого выделенного при статическом зондировании однородного слоя или через 5 м (при отсутствии ярко выраженной слоистости).

8. Ширина такого участка обследования  $a$  под отвал устанавливается предварительными расчетами устойчивости или приближенно определяется из соотношения  $a=H/tg\alpha$ , где  $H$  и  $\alpha$  — соответственно предполагаемые высота и результирующий угол откоса проектируемого отвала.

В пределах выделенных участков буровые работы ведут на поперечниках, ориентированных перпендикулярно откосу отвала и расположенных относительно друг друга на расстоянии, зависящем от степени сложности инженерно-геологических условий. Для условий 1-й категории исследования ведутся для одного поперечника, для 2-й и 3-й категорий сложности - расстояние между линиями поперечников равно соответственно 200—300 и 50—100 м. На каждом из поперечников буриться не менее трех скважин глубиной не менее 25% от предполагаемой высоты отвала. Если при бурении скважины

встретятся скальные или полускальные породы бурение прекращается. Число скважин и точек опробования определяется с учетом скважин, пробуренных на более ранних стадиях.

9. Частота отбора проб из скважин для лабораторных исследований определяется необходимостью получения более достоверных показателей физико-механических свойств. Образцы отбираются из каждого визуально выделенного однородного слоя, при мощности его более 2 м — из каждого двухметрового интервала. В зоне тонкого переслаивания частота отбора должна составлять 20—25 см на 1 м погонной длины скважины.

10. При применении испытаний пород с помощью крыльчатки и прессиометра число опытов для каждого выделенного в разрезе инженерно-геологического элемента должно быть не менее трех.

11. При выполнении инженерно-геологических исследований допускается использовать геофизические методы для выявления зон повышенной обводненности и распространения слабых водонасыщенных пород.

12. Инженерно-геологические исследования под отвалами, расположенные в пределах шахтных и рудничных полей, должны включать дополнительный комплекс работ для определения деформаций основания, изучение геомеханических (гидрогеомеханических) процессов и явлений, развивающихся в породных массивах при ведении подземных горных работ. Эти работы выполняются по специальной программе с привлечением организаций, имеющих опыт ведения данных видов работ.

13. При изучении гидрогеологических условий основания отвалов устанавливаются: наличие и характер водоносных горизонтов; фильтрационные и компрессионные свойства водоносных и водоупорных пород; граничные условия водоносных пластов; условия их питания и разгрузки; гидравлическую связь между пластами; влияние техногенных факторов на изменение режима водоносных пластов.

14. Гидрогеологические исследования включают в себя опытно-фильтрационные работы (опытные и кустовые откачки, наливов, нагнетания, выпуски) и гидрогеологическую съемку основания отвала с фиксацией мест и расходов источников подземных вод. Состав и объем гидрогеологических изысканий зависят от категории сложности условий отвалообразования и определяются организацией, ведущей изыскания.

15. Моделирование пород отвальных массивов и последующее определение их физико-механических свойств допускается проводить в лабораторных условиях на специальных приборах в зависимости от предполагаемого состава пород в отвале и эффективных напряжений, определяемых массой вышележащих пород и поровым давлением в них (для водонасыщенных отвалов).

Для пород глинистого, суглинистого, супесчаного и песчаного составов используются стандартные инженерно-геологические приборы с площадью 40 см<sup>2</sup>. Дресвяно-щебенистые отложения отвалов и песчано-глинистые отложения с содержанием крупнообломочных разностей изучаются на специальных приборах с большим объемом и площадью рабочих камер, либо применяются штамповые и крупномасштабные сдвиговые испытания в шурфах.

При невозможности проявления таких испытаний используются известные и опубликованные в открытых источниках зависимости, либо свойства пород от объектов-аналогов.

16. В случае песчано-глинистых пород в основании отвала (в теле отвала) при инженерно-геологических изысканиях рекомендуется дополнительно изучить изменения во времени физико-механических свойств пород, обусловленных возрастанием внешней нагрузки и развитием порового давления.

17. Параметры отвалов прочных пород (прочность куска превышает давление пород отвала), расположенных на прочном основании (представлено скальными, полускальными и песчано-гравелистыми породами, не имеющими четко выраженной слоистости, слабых контактов и слабых прослоек) с углом падения не более 5<sup>0</sup>, определяются только физико-механическими свойствами отвальной массы.

18. Для отвалов скальных пород на прочном (вечномерзлом) основании, в которых по объему присутствует не более 20% песчано-глинистых отложений, единственным ограничением по высоте яруса и отвала является высота отвала (яруса), при котором давление пород в отвале (ярусе) превышает прочность складированных пород в куске.

Прочными породами называются неразмокаемые скальные и полускальные породы различного состава, у которых величина сцепления в куске превышает 10 МПа или величина прочности на одноосное сжатие не менее 50 МПа, а также многолетнемерзлые глинистые породы, когда их оттаивание на поверхности откоса на глубину сезонного оттаивания исключено за счет режима отсыпки или реализации специальных мероприятий.

Секущий угол внутреннего трения подобной отвальной массы составляет 45 – 50<sup>0</sup>, что значительно превышает угол естественного откоса отвальной массы. Опасные зоны формируются за счет уплотнения свежотсыпанной скальной массы, причем более 80% оседаний реализуется в течение 8 – 20 часов после отсыпки. Размер опасной зоны не превышает суточного подвигания отвала по фронту и, в среднем, составляет 1,0 – 3,0 м.

В этих условиях допускается разгрузка автосамосвалов непосредственно под откос при наличии предохранительного вала, высотой не менее 0,5 диаметра колеса автомобиля

максимальной грузоподъемности, применяемого в данных условиях без дополнительных обоснований.

19. Расчет устойчивости отвалов слабых пород производят с учетом возможности развития избыточного порового давления или без него. При этом под слабыми породами понимается и скальная отвальная масса с содержанием глинистого заполнителя 40% и более.

Отказ от учета развития порового давления в расчетах устойчивости возможен только для пород и отвальной массы с относительно высокой проницаемостью (коэффициент фильтрации  $K > 0,1$  м/сут) или при наличии надежного дренажа основания и/или отвала.

В слабопроницаемых грунтах ( $K < 10^{-5}$  м/сут) избыточное поровое давление изменяется в течение времени, несоизмеримо большего, чем срок строительства и эксплуатации отвального сооружения. Поэтому прогноз консолидации глинистых пород целесообразно выполнять при коэффициентах фильтрации  $K$  от  $10^{-1}$  до  $10^{-5}$  м/сут (или при коэффициентах консолидации  $C_w$  от  $10^{-3}$  до  $1$  м<sup>2</sup>/сут).

20. Оценка условий развития порового давления в водонасыщенном массиве при его нагружении требует учета фактора, условно именуемого структурностью породы. По этому признаку глинистые породы делятся на следующие категории: бесструктурные (текучие, текучепластичные, например, намывные, болотные, илистые, пойменные отложения) и обладающие структурной прочностью (породы мягкопластичной и более плотной консистенции).

При нагружении бесструктурных грунтов внешняя нагрузка в начальный момент практически полностью передается на поровую воду, вызывая в каждой точке массива «мгновенное» увеличение порового давления, равного по величине приложенной нагрузке. В процессе фильтрационной консолидации избыточное поровое давление постепенно рассеивается.

В породах, обладающих структурной прочностью  $P_{стр}$ , внешняя нагрузка  $P$  в начальный момент воспринимается скелетом; при этом избыточное поровое давление возникает лишь в той части массива, где сжимающие напряжения приводят к разрушению структурных связей в скелете грунта. Однако движение воды в массиве может начаться лишь при градиенте напора, большем некоторого начального градиента  $I_0$ .

21. При отсыпке внешнего отвала на слабое основание большой мощности в случае необходимости для обеспечения нормативного коэффициента запаса отсыпается опережающий отвал. В этом случае устойчивость отвала рассчитывается не только с

учетом веса и сопротивления сдвигу выдавливаемой породы основания, но и с учетом веса пригрузки.

В случае отсыпки отвалов на вечномерзлое основание с сохранением его температурного режима высота предотвала, отсыпаемого в летнее время, должна превышать толщину слоя сезонного оттаивания, но быть меньше толщины слоя сезонного промерзания.

22. При невозможности развития надподошвенного оползня в теле отвала допускается его отсыпка в режиме управляемых деформаций с выдавливанием слоя слабых пород ограниченной мощности.

В этом случае понятие «коэффициент запаса устойчивости» лишено смысла, а критическое состояние, при котором отвалообразование нужно переносить на соседний участок, определяется прогрессирующим характером деформирования откосов (значительное нарастание скорости смещения), а также полным оконтуриванием оползневого тела трещиной отрыва на верхней площадке и образованием вала выпирания у нижней бровки откоса. Работы на данном блоке могут быть возобновлены при затухании деформации.

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ  
КАРЬЕРОВ И РАЗРЕЗОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ  
(ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ) РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

1. При комбинированной разработке месторождений влияние подземных горных работ на устойчивость бортов карьеров, разрезов определяется способом управления горным давлением (табл. 7.1).

**Таблица 7.1** – Факторы, учитываемые в расчете устойчивости бортов при комбинированной разработке месторождений

Способ управления горным давлением	Сопутствующие геомеханические процессы в массиве	Факторы
Поддержание выработанного пространства целиками	Процесс сдвижения в пределах упругих деформаций. Прочностные свойства массива не снижаются	Параметры разделительного целика
		Состояние целиков с учетом влияния карьера
Закладка выработанного пространства	Процесс сдвижения с формированием зон трещин и плавных смещений. Прочностные свойства массива снижаются в зонах сдвижения	Свойства закладочного массива. Возможное наличие недозакладки выработанного пространства
Обрушение руды и вмещающих пород	Процесс сдвижения с формированием зон обрушения, трещин и плавных смещений. Прочностные свойства массива снижаются в зонах сдвижения	Свойства нарушенного массива горных пород в соответствии с различными зонами сдвижения При параллельной открыто-подземной разработке – параметры разделительного целика

2. При расчетах устойчивости бортов карьеров, разрезов в зонах сдвижений от подземной разработки свойства подработанного массива определяются в соответствии с табл. 7.2. Границы зон сдвижений определяются величиной деформаций растяжения.

**Таблица 7.2** – Изменение сцепления в подработанном массиве

Наименование	Зоны сдвижения		Сцепление в подработанном массиве $C_{п.м}$ , МПа
	Деформации растяжения, $\varepsilon$		
Обрушения	более $30,0 \cdot 10^{-3}$		0,02
Сдвигения с разрывом сплошности (трещин)	$(6,0-30,0) \cdot 10^{-3}$		$0,3C_m$
Плавных сдвижений без разрыва сплошности	$(0,5-6,0) \cdot 10^{-3}$		$0,7C_m$

$C_m$  – сцепление в неподработанном массиве

Плотность и угол внутреннего трения подработанного массива принимаются равными плотности и углу внутреннего трения неподработанного массива.

3. Границы зон сдвижения определяются по результатам наблюдений за сдвижением. При определении границ допускается использовать углы зон сдвижений или результаты численного, физического моделирования.

4. Уточнение прочностных свойств нарушенного массива в зоне подработки, приведенных в табл. 2, осуществляется специализированной организацией.

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

1. В образце определяются основные физико-механические свойства горных пород и их контактов, необходимых для расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов, формируемых в массивах с различной несущей способностью.

2. Для расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов исходными данными являются:

- при использовании метода предельного равновесия – плотность  $\rho$ , сцепление  $C$  и угол внутреннего трения  $\varphi$ , а также сцепление и угол трения по поверхностям ослабления;
- при применении модели Кулона-Мора при численном моделировании – те же характеристики, что и для предельного равновесия с добавлением деформационных свойств горных пород: модуль деформации  $E_y$  /упругости  $E_0$  и коэффициент поперечной деформации  $\nu_1$ /коэффициент Пуассона  $\nu_2$ ;
- при численном моделировании с использованием специальных моделей – характеристики, необходимые для описания поведения горных пород в рамках используемой математической модели.

В качестве исходных данных для расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов также используют паспорт прочности, представленный графиком зависимости нормальных и касательных напряжений в плоском или объемном напряженно-деформированном состоянии.

3. Перечень физико-механических свойств горных пород, необходимый для проведения оценки устойчивости бортов карьеров и уступов на различных этапах проектирования, приведен в табл. 8.1.

4. При определении физических, прочностных и деформационных свойств горных пород руководствоваться действующими стандартами Российской Федерации на момент выполнения лабораторных или натурных испытаний, при их отсутствии – техническими регламентами Таможенного союза.

5. Для расчетов устойчивости бортов и уступов в качестве исходных данных принимаются достоверные среднестатистические значения.

6. Определение прочностных и деформационных свойств массива горных пород выполняется: лабораторными или натурными испытаниями, обратным расчетом, с использованием эмпирических формул, по аналогии и/или с использованием справочных данных.



**Таблица 8.1** – Перечень физико-механических свойств горных пород, необходимых для проведения оценки устойчивости бортов и уступов карьеров и разрезов

Свойства	Тип пород	Этап проектирования и разработки					
		Предпроектные работы	ТЭО		Проектирование	Эксплуатация карьера	Реконструкция карьера
			Временных кондиций	Постоянных кондиций			
Естественная влажность	Все разновидности	–	+	+	+	+	+
Влажность на границе текучести	Грунты	–	–	+	+	+	+
Число пластичности	Грунты	–	–	+	+	+	+
Показатель текучести	Грунты	–	–	+	+	+	+
Плотность грунта	Все разновидности	–	+	+	+	+	+
Плотность скелета	Грунты	–	–	+	+	+	+
Плотность частиц грунта	Грунты	–	–	+	+	+	+
Коэффициент пористости	Все разновидности	–	–	+	+	+	+
Коэффициент водонасыщения	Все разновидности	–	–	+	+	+	+
Полная влагоемкость	Все разновидности	–	–	+	+	+	+
Относительное содержание органического вещества	Грунты	–	–	+	+	+	+
Гранулометрический состав	Грунты	–	–	+	+	+	+
Одноосное сжатие при естественной влажности	Все породы за исключением дисперсных грунтов	–	+	+	+	+	+
Одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии	Все породы за исключением дисперсных грунтов	–	–	+	+	+	+
Одноосное растяжение при естественной влажности	Все породы за исключением дисперсных грунтов	–	+	+	+	+	+
Одноосное растяжение в водонасыщенном состоянии	Все породы за исключением дисперсных грунтов	–	–	+	+	+	+
Срез со сжатием	Скальные и полускальные породы	–	–	+	+	+	+
Трехосные испытания	Все разновидности	–	–	–	+	+	+
Сдвиг по естественной трещине	Скальные и полускальные породы	–	–	–	+	+	+
Сдвиг по распилу (плашка по плашке)	Все разновидности за исключением несвязных грунтов	–	–	+	+	+	+
Модуль деформация/упругости	Все разновидности	–	–	–	+	+	+
Коэффициент поперечной деформации/Пуассона	Все разновидности	–	–	–	+	+	+

Применение исходных данных, полученных по аналогии и/или справочных данных допустимо использовать для расчетов только на этапе предпроектных работ и при составлении ТЭО временных кондиций.

В качестве справочных данных используются данные из таблиц 8.2-8.5 или другие дополнительные материалы, более полно характеризующие рассматриваемые условия, на усмотрение специалистов специализированной организации.

На всех этапах проектирования прочностные свойства горных пород на участках нарушений допускается использовать исходя из таблиц 8.2 и 8.3.

**Таблица 8.2** – Значения углов трения по поверхностям ослабления массива

Породы	Углы трения в зависимости от характера поверхностей ослабления $\varphi'$ , (... °)			
	Ровные гладкие	Неровные гладкие	Ровные шероховатые	Неровные шероховатые
Песчаники	15-20	20-26	24-29	28-36
Алевролиты	14-18	18-23	22-26	25-33
Аргиллиты	12-17	17-21	20-24	23-30
Уголь	14-19	18-25	23-27	25-35
Порфиры, роговики, джеспилиты, песчаники	20 - 26°	22 - 27°	24 - 28°	28 - 31°
Вторичные кварциты, грано-диориты, кварцевые порфиры, гранодиорит-порфиры, скарнированные породы, сиениты, диориты, алевролиты	17 - 20°	20 - 23°	22 - 25°	25 - 28°
Известняки, метаморфические сланцы, магнетиты	16 - 19	20 - 22°	23 - 25°	24 - 27°
Глинистые сланцы, аргиллиты	15 - 18°	18 - 20°	21 - 23°	23 - 25°
Филлиты, талько-кlorитовые и серицитовые сланцы	9 - 12°	13 - 15°	20 - 22°	23 - 25°

**Таблица 8.3** – Значения сцепления по поверхностям ослабления массива

Характеристика поверхностей ослабления массива	Характеристика толщи пород	Величина сцепления $C'$ , т/м <sup>2</sup>
Поверхности скольжения по контактам слоев (зеркала скольжения), поверхность ровная, гладкая	Дислоцированная осадочная толща	0-5
Контакты слоев, поверхность волнистая со следами скольжения или ровная шероховатая	Метаморфизованная осадочная толща	5-10
Тектонические нарушения и неровные тектонические трещины со следами скольжения	Массивы изверженных и метаморфических пород	5-10
Контакты слоев, поверхность волнистая шероховатая, неровная шероховатая	Уплотненная слабодислоцированная осадочная толща	10-20
Контакты слоев в слабых песчано-глинистых отложениях	Неуплотненная недислоцированная слаборассланцованная осадочная толща	50% от сцепления под углом к наслоению в массиве

**Таблица 8.4** – Физико-механические свойства рыхлых несвязных и мягких связных песчано-глинистых пород

Породы	Удельный вес $\gamma_{об}$ , г/см <sup>3</sup>	Удельный вес $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Сцепление в куске $C_0$ , кг/см <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ (°)	Влажность $W$ , %	Кэф. длительной прочности $\eta$
<b>Песок:</b>						
разнозернистый	2,65	2,04	0,0-0,24	35	16,5	-
среднезернистый	2,64	1,75	0,10-0,15	33-34	17,0	-
мелкозернистый	2,68	1,96	0,10-0,35	31-32	23,0	-
тонкозернистый	2,66	1,80	0,28	30	17,0	-
глинистый	2,50	2,16	0,20-0,75	40	12	-
глинистый, уплотненный	2,65	2,08	0,45-0,80	26-32	18-20	0,70-0,80
мелкозернистый глинистый	-	1,80	0,40-0,70	28-30	40	0,60-0,80
тонкозернистый глинистый	2,67	1,99	0,35-0,60	26-28	25	0,60-0,80
пылеватый	-	2,16	0,3	30	13	-
гравелистый	-	2,16	0,1	36	10-12	-
<b>Глина:</b>						
пластичная	-	2,00	0,6-1,85	12-20	20-24	0,40-0,60
мягкопластичная	-	1,81	0,15	3	35	0,35
пылеватая	2,64-2,74	1,91-1,95	0,5-1,0	10-19	21-39	0,60-0,85
пылеватая пластичная	2,64	1,91	0,5	9	26	0,35-0,50
пылеватая плотная	2,60-2,76	1,83-1,97	0,6-1,75	12-20	20-28	0,70-0,85
песчаная	2,70	2,00	0,52-1,25	18-28	21	0,60-0,80
каолиновая	-	2,10	1,0	10	17-18	0,50
опоковая	2,55	1,55	1,5	23-25	35-40	0,40
плотная	2,60-2,70	1,90-2,05	1,3-3,7	16-28	20-25	0,60-0,80
бокситовидная	-	2,20-2,25	1,25-6,4	23-27	12-15	0,80
брекчевидная	-	2,20	0,8-7,6	27	10-15	0,70
<b>Суглинок:</b>						
плотный	-	1,95	0,52-1,1	30-34	20,0	0,65
лессовидный	2,68-2,82	1,86-1,95	0,45-0,68	27-30	15-20	0,60-0,80
щебенисто-песчаный	-	2,12-2,16	0,22	36	15-20	0,70
мягкий песчаный с дресвой	2,50	1,99	0,33	24	18	0,70
тугопластичный с песком и дресвой	2,70	1,98-2,10	0,52	34	19-24	0,85-0,90
пластичный	-	1,94	0,05	21	23	0,6-0,7
пылеватый и супесь	2,63-2,76	1,80-1,93	0,20-0,45	22-33	18-23	0,6-0,8
Супесь	2,66	1,80-1,96	0,1-0,17	28-34	13-20	0,6-0,8
Супесь заторфованная	-	1,84	0,18	31	24	-
Торф	-	1,54	0,12	25	50	-

**Таблица 8.5** – Значения сцепления и углов трения по трещинам горных пород в различных состояниях

Породы	Сплошное заполнение трещин льдом		Частичное заполнение трещин льдом		Немерзлые породы	
	$C', \text{ м/м}^2$	$\varphi', (\dots^\circ)$	$C', \text{ м/м}^2$	$\varphi', (\dots^\circ)$	$C', \text{ м/м}^2$	$\varphi', (\dots^\circ)$
Уголь	14	10	10	14	2	15
Углистый аргилит	30	15	10	15	2	15
Углистый песчаник	22	18	10	20	4	20

7. Определение прочностных и деформационных свойств массива горных пород производится по результатам лабораторных или натуральных испытаний с использованием понижающих коэффициентов структурного ослабления.

Величина сцепления массива горных пород определяется по формуле

$$C_m = \frac{C_o - C'}{1 + a \cdot \ln \frac{H}{l}} + C',$$

где:  $C_o$  – сцепление в образце, МПа;  $C'$  – сцепление по контактам между блоками пород, МПа;  $H$  – высота прибортового массива, м;  $l$  – средний размер элементарного структурного блока массива, ограниченного трещинами, м;  $a$  – коэффициент, зависящий от прочности породы в монолитном образце и степени и характера трещиноватости, табл. 8.6.

**Таблица 8.6** – Значения коэффициента  $a$  для различных пород

Породы и характер трещиноватости	Сцепление в монолите, кг/см <sup>2</sup>	$a$
Слабоуплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения; сильновыветрелые, полностью каолинизированные Изверженные породы	4 - 9	0,5
Уплотненные песчано-глинистые породы, в основном нормальносекущей трещиноватости	10 - 20	2
Сильно каолинизированные изверженные породы	30 - 80	2
Уплотненные песчано-глинистые породы с развитой кососекущей трещиноватостью, каолинизированные изверженные породы	30 - 80	3
Средней прочности слоистые породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	100 - 150	3
	150 - 170	4
	170 - 200	5
Прочные породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	200 - 300	6
	> 300	7
Прочные изверженные породы с развитой кососекущей трещиноватостью	> 200	10

8. При расчетах устойчивости бортов карьеров и откосов уступов величины сцепления и углов трения по поверхностям ослабления принимаются исходя из совокупного анализа испытаний по естественным поверхностям ослабления (с или без заполнителя) и по распилу. Для расчетов устойчивости откосов уступов детерминированным способом сцепление допускается принимать на основании результатов испытаний по распилу. При вероятностном способе угол трения принимается по результатам испытаний естественных трещин, а сцепление принимается равным нулю.

9. В зонах интенсивного ведения взрывных работ прочностные свойства массива горных пород и по поверхностям ослабления допускается понижать за счет раскрытия трещин.

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ**

1. Инструментальные маркшейдерские и визуальные наблюдения за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов в составе проекта производства маркшейдерских работ должны включать:

- общие положения, цели и задачи наблюдений;
- сведения об объектах наблюдений;
- общую геомеханическую информацию по месторождению;
- обоснование требуемой точности и периодичности наблюдений;
- применяемые виды наблюдений, схемы наблюдательных станций, методики измерений и наблюдений, виды оборудования;
- признаки нарушения устойчивости и критерии безопасности;
- требования к документации результатов наблюдений.

2. Проект мониторинга кроме инструментальных маркшейдерских и визуальных наблюдений за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов дополнительно должен включать:

- обоснование необходимости геотехнических, радарных, глубинных, гидрогеологических, геофизических, фотограмметрических, аэрокосмических методов наблюдений на основе оценки рисков;
- состав специальной группы по мониторингу и прогнозу устойчивости, должностные обязанности в рамках мониторинга, сведения о квалификации.

3. В процессе мониторинга необходимо определять характеристики состояния объекта мониторинга:

- выявление наличия (или отсутствия), характера и стадии развития деформаций;
- установление границ распространения и вида нарушений устойчивости отдельных уступов, групп уступов, бортов карьера, разреза;
- установление основных факторов, предопределяющих развитие нарушений устойчивости;
- смещения, их скорости, направление и развитие во времени;
- относительные деформации сжатия-растяжения, наклоны;
- определение критических величин деформаций, предшествующих началу активной стадии деформирования для пород, слагающих прибортовые массивы;
- соответствие проектных и фактических параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов;

- изменение геометрии борта карьера, разреза от воздействия процессов выветривания и деформаций;
- наличие и состояние пустот и полостей при комбинированной отработке месторождения: свободные, затампонированные, заложенные закладочным материалом, заполненные обрушенными породами;
- места высачивания, уровень подземных вод.

Перечень контролируемых параметров и их критические величины (критерии безопасности) устанавливается проектом мониторинга или в составе проекта производства маркшейдерских работ.

4. Значения критериев безопасности и аварийного оповещения допускается уточнять и корректировать по результатам изучения поведения массива в процессе мониторинга.

5. Результаты каждой серии мониторинга должны сопоставляться с принятыми критериями безопасности. В случаях их превышения разрабатываются мероприятия по управлению устойчивости.

6. При организации маркшейдерских наблюдений и мониторинга необходимо их разделять на долгосрочные и оперативные в зависимости от целей и задач.

7. Дополнительные методы мониторинга обосновываются проектом мониторинга в качестве мер безопасности для контроля и снижения среднего и выше уровней рисков (Приложение 10).

8. Допускается вместо инструментальных маркшейдерских наблюдений (или дополнительно к ним) применение автоматизированных средств мониторинга в непрерывном режиме со сплошной зоной покрытия рабочей зоны и отслеживания быстроразвивающихся деформационных процессов с экстренным оповещением служб о нештатных и аварийных ситуациях по решению эксплуатирующей организации.

9. Выбор методов наблюдений их периодичность и точность определяется для конкретных условий с учетом природных и горнотехнических факторов, типов деформаций, скоростей развития и масштабов деформаций на основании табл. 9.1.

10. Периодичность инструментальных маркшейдерских наблюдений за состоянием бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов осуществляется в соответствии с таблицами 9.2 и 9.3.

**Таблица 9.1 – Методы мониторинга**

Тип мониторинга	Цель мониторинга	Объект мониторинга	Класс горных пород	Тип деформаций	Эффективные методы мониторинга	Особенности методики наблюдений
долгосрочный	- заверка обоснованности проектных параметров, -обнаружение первичных признаков развития крупномасштабных деформаций - выработка корректирующих мер для обеспечения устойчивости	борта карьера/разреза, участки борта, отвалы	дисперсные	оползни, просадки	визуальный, маркшейдерский (призменный, спутниковый, лазерный) геотехнический, радарный, глубинный, геофизический, фотограмметрический, аэрокосмический, гидрогеологический	- периодичность маркшейдерского мониторинга не реже 1-го раза в год с точностью не ниже $\pm 15$ мм. для бортов карьера/разреза и $\pm 30$ мм. для отвалов - точность и периодичность других методов мониторинга определяются проектом мониторинга в соответствии с характеристиками используемого оборудования и цели мониторинга
			скальные, полускальные	обрушения, оползни		
оперативный	-обеспечение промышленной безопасности -снижение негативных последствий деформаций - выработка стабилизирующих мер для обеспечения локальной устойчивости	борта карьера/разреза, участки борта, уступы, отвалы в зоне критических или прогрессирующих деформаций	дисперсные	оползни, фильтрационные деформации	визуальный, маркшейдерский (призменный, лазерный, упрощенный), геотехнический, радарный, фотограмметрический	- периодичность маркшейдерского мониторинга определяется таблицами 2, 3. точность не ниже $\pm 15$ мм. для бортов карьера/разреза и $\pm 30$ мм. для отвалов
			скальные, полускальные	обрушения, оползни		
		уступы, участки борта в рабочих зонах, на участках расположения внутрикарьерной инфраструктуры	дисперсные	оползни, просадки, фильтрационные деформации	визуальный, маркшейдерский (призменный, спутниковый, лазерный), фотограмметрический, гидрогеологический	- для маркшейдерского упрощенного мониторинга точность определения смещений реперов на 20-метровом интервале не ниже $\pm 5$ мм.
			скальные, полускальные	обрушения, осыпи	визуальный, геотехнический, радарный, маркшейдерский (лазерный) фотограмметрический	- точность и периодичность других методов мониторинга определяются проектом мониторинга в соответствии с характеристиками используемого оборудования и целей мониторинга



**Таблица 9.2** – Периодичность маркшейдерских наблюдений за состоянием откосов карьеров в зависимости от скоростей смещений

Скорость смещения, мм/сут	Периодичность наблюдений, 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

**Таблица 9.3** – Периодичность маркшейдерских наблюдений за состоянием отвалов

Скорость смещений, см/сут	Периодичность наблюдений
Менее 0,3	Раз в квартал
0,3 – 1,0	Раз в месяц
1,0 – 5,0	Раз в неделю
5,0 – 10	Два раза в неделю
10 – 20	Через день
20 – 30	Ежедневно
30 – 50	Дважды в смену
Более 50	То же

11. При разработке карьеров, разрезов и формировании отвалов в режиме управляемых деформаций, а также при комбинированной разработке месторождений методика мониторинга определяется специализированной организацией.

12. Наблюдения за осыпанием необходимо выполнять путем сравнения проектных и фактических параметров бортов и уступов карьеров, разрезов по результатам маркшейдерских съемок. Допустимо для этой цели использовать методы мониторинга, позволяющие получать трехмерное облако точек и выполнять сравнение геометрии откосов за разные периоды.

13. В местах раскрытия трещин допустимо выполнять упрощенные маркшейдерские наблюдения с линейными измерениями смещений и деформаций массива вдоль линии максимального развития деформаций.

14. Маркшейдерская наблюдательная станция должна состоять из опорных и рабочих реперов, которые необходимо располагать в виде профильных линий или по площадной схеме по периметру контура карьера, разреза и вдоль бровок на бермах уступов и ярусов отвалов.

Закладку маркшейдерских наблюдательных станций необходимо выполнять на участках возможных деформаций, обусловленных:

- наличием вскрытых слабых пластичных, обводненных или сильно трещиноватых пород в горном массиве, формирующих борт или уступ;

- возможностью подрезки горными работами слабых контактов, поверхностей тектонических нарушений и обводненных пород, имеющих наклон в сторону выработанного пространства и простирающие близкие к простираению борта;

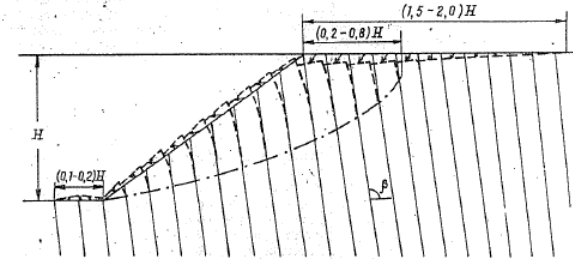
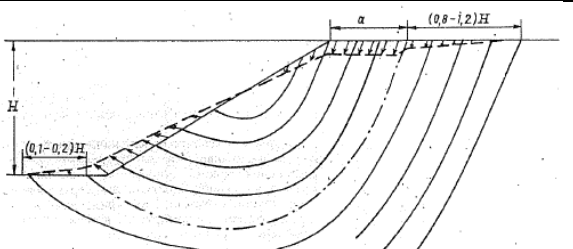
- несоответствием фактических параметров уступов бортов и отвалов проектным параметрам;

- несоответствием технологии проведения массовых взрывов паспорту буровзрывных работ;

15. Опорные репера должны быть расположены на участках, не подвергающихся сдвиганию в результате ведения горных работ. Данная зона определяется особенностями деформирования бортов карьеров, разрезов и отвалов (табл. 9.4).

**Таблица 9.4** - Границы зон сдвижения для различных инженерно-геологических условий

Наименование	Схематизация	Условия применения
Изотропный откос		Отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, либо поверхности ослабления направлены под углами: $-5^\circ < \beta < -60^\circ$
Однородный откос со слабым контактом в основании		Пологое залегание поверхностей ослабления при $\beta < \varphi'$ , $-5^\circ < \beta < 25^\circ$ ,
Однородный откос со слабым основанием ограниченной мощности		Наличие слабого слоя, общее сопротивление сдвигу которого ниже, чем у вышележающих пород Мощность слабого слоя менее 0,4H
Однородный откос со слабым основанием		Наличие слабого слоя, общее сопротивление сдвигу которого ниже, чем у вышележающих пород
Массив с крутопадающим залеганием слоев, направленных в выработанное пространство		Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления, направленных в сторону выработанного пространства при $\beta > \varphi'$ и угле откоса $\alpha \leq \beta$

<p>Массив с крутопадающим залеганием слоев, направленных в массив</p>		<p>Наличие крутопадающих поверхностей ослабления, направленных в массив (обратное падение) при <math>60 \leq \beta \leq 90</math>.</p>
<p>Массив с мульдообразным залеганием слоев</p>		<p>Мульдообразное залегание пород.</p>

В случае невозможности обеспечения расстояний, приведенных на рисунках выше, пространственное положение опорных реперов, должно контролироваться от исходных реперов методом спутникового позиционирования.

Допускается определять границу зоны сдвижения по результатам численного или физического моделирования.

Репера, предназначенные для долговременных наблюдений должны иметь в нижней части бетонированный якорь ниже глубины промерзания пород. В случае многолетнемерзлых пород якорь закладывается ниже слоя сезонного оттаивания.

Для оперативных наблюдений и наблюдений за отвалами конструкция реперов определяется проектом мониторинга или в составе проекта производства маркшейдерских работ.

16. При наблюдениях за отвалами места закладки наблюдательных станций 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 сдвижения верхней площадки и пространственное положение нижней бровки отвала, которая при деформировании призмы упора будет смещаться в горизонтальном направлении.

- основании отвала залегает мощных 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.

17. Схемы расположения наблюдательных станций и критерии оценки состояния объекта по результатам геотехнических, радарных, глубинных, гидрогеологических, геофизических, фотограмметрических, аэрокосмических методов определяются проектом мониторинга в соответствии с характеристиками используемого оборудования и целей мониторинга.

18. При выявлении деформации на наблюдаемом участке составляется паспорт деформации. Документируются все нарушения устойчивости откосов карьеров, разрезов и отвалов объемом свыше 1 тыс. м<sup>3</sup> и захватывающие площадь более 500 м<sup>2</sup>, а также нарушения устойчивости прилегающих природных склонов.

Паспорт деформации должен включать следующую информацию:

- объект деформации, его месторасположение, дата возникновения деформации, вид деформации, обстоятельства возникновения деформации.
- краткая инженерно-геологическая характеристика участка и горно-технические условия его отработки.
- линейные размеры зоны деформации, элементы залегания поверхностей ослабления, объем нарушенного участка массива.
- проектные и фактические параметры объекта деформации, время стояния откоса или отвала до появления деформаций.
- наблюдения, проводимые на участке и величины смещений.
- ущерб, причиненный деформацией.
- причины возникновения деформаций и меры, принятые для предупреждения развития деформации.
- должностные лица, привлеченные к выяснению причин и разработке мероприятий по ликвидации опасной зоны.
- графические приложения (план, геологические разрезы с нанесением горной обстановки, графики смещений, деформаций, сдвигов, скоростей и т.д.), фотоматериалы, при наличии – трехмерные цифровые модели участка до и после развития деформационных процессов.

**ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ, КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ**

1. Для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождения должен быть разработан раздел по управлению рисками входящий в раздел мероприятий по обеспечения промышленной безопасности в Плане развития горных работ на предстоящий календарный год.

2. Величина геомеханического риска рассчитывается по формуле:

$$P=BO \times TP,$$

где BO – вероятность обрушения, TP – тяжесть последствий.

3. Вероятность обрушения оценивается количественно или качественно. Количественная оценка вероятности обрушения основывается на вероятностном расчете устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов (Приложение 4). Качественная оценка вероятности обрушения основывается на выборе категории вероятности обрушения в соответствии с табл.10.1.

**Таблица 10.1** – Качественная оценка вероятности обрушения

Вероятность обрушения	
Категория	Качественная оценка
А	Очень высокая – Событие происходит постоянно с высокой степенью определенности. Произойдет с очень высокой степенью определенности.
В	Высокая – Событие происходит часто с высокой степенью определенности. Произойдет с высокой степенью определенности
С	Средняя – Событие может произойти. Происходило ранее.
Д	Низкая – Маловероятное событие. Может произойти в определенный момент.
Е	Очень низкая – Разумная уверенность, что событие не произойдет. Может произойти в исключительных обстоятельствах.

4. Тяжесть последствий обрушений для различных масштабов откосов (уступ, группа уступов и борт) оценивается качественно в соответствии с табл. 10.2.

**Таблица 10.2** – Оценка тяжести последствий обрушений

Тяжесть последствий				
Незначительные	Низкие	Средние	Высокие	Чрезвычайные
<ul style="list-style-type: none"> <li>Обрушение на участке карьера вне зоны ведения горных работ, не влияющее на технологический процесс</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ликвидация обрушения требует несколько дней или не влияет на технологический процесс</li> <li>Обрушение откосов с коротким</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Краткосрочная ликвидация обрушения</li> <li>Простои основного технологического оборудования</li> <li>Повреждение оборудования и инфраструктуры, требующее ремонта</li> <li>Восстановление</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Потеря подготовленных к выемке запасов</li> <li>Среднесрочная ликвидация последствий обрушения</li> <li>Повреждение и длительные простои основного</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Угроза жизни и здоровью людей</li> <li>Потеря транспортного съезда (при отсутствии резервного)</li> <li>Нарушение технологического цикла, требующее реконструкции</li> </ul>

	периодом эксплуатации • Обрушения не оказывают влияние на внутрикарьерную инфраструктуру • Повреждения оборудования отсутствуют	съезда или ремонт путей откатки	технологического оборудования и/или инфраструктуры, требующие капитального ремонта • Потеря основного технологического оборудования и/или инфраструктуры • Потеря транспортного съезда (при наличии резервного)	
--	---	---------------------------------	---	--

5. Оценка степени риска осуществляется с помощью матрицы рисков (Рисунок 10.1).

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

Рисунок 10.1. – Матрица рисков

6. Необходимые меры реагирования в соответствии с уровнем риска приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.3 – Меры реагирования в соответствии с уровнем риска

Уровень риска	Меры реагирования
Очень высокий	Немедленное снижения рисков с приостановкой работ на данном участке карьера, проведение дополнительных исследований и мероприятий по снижению рисков
Высокий	Оперативное реагирование, снижение риска в краткосрочной перспективе и проведение анализа и мероприятий по снижению рисков
Средний	Находится на границе допустимого риска, требует анализа и долгосрочного снижения рисков
Низкий и Очень низкий	Допустимый риск, должен находиться под контролем, но не требует дополнительных мероприятий по его снижению

7. Управление рисками заключается в уменьшении Вероятности обрушения и/или

снижением тяжести его последствий.

8. При появлении в процессе эксплуатации месторождений критических деформаций бортов и уступов карьеров, разрезов необходимо производить переоценку рисков.

9. Реестр рисков и меры по управлению ими должны быть представлены в разделе мероприятий по обеспечения промышленной безопасности в Плане развития горных работ на предстоящий календарный год.

## УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БОРТОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ

1. Основными мероприятиями по управлению устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов являются - стабилизирующие, снижающие или исключают вероятность деформаций и компенсирующие, снижающие тяжесть последствий возможных деформаций (табл. 11.1).

**Таблица 11.1** - Мероприятия по управлению устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов с особенностями их применения

Тип	Виды мероприятий		Особенности применения
<i>Стабилизирующие</i>			
Организационно-технические	оптимизация параметров буровзрывных работ вблизи предельного контура с минимизацией влияния взрывных работ на законтурный массив		в массивах скальных и полускальных пород
	повышение достоверности исходных данных, детализация и/или корректировка расчетных схем		пополнение исходных данных по результатам инженерно-геологического изучения
	корректировка проектных параметров		при изменении инженерно-геологических условий и при выявлении признаков деформаций по результатам мониторинга
	изменение направления и режима ведения горных работ		при прогнозе неустойчивости или обнаружении признаков деформации по результатам мониторинга
Укрепляющие	формирование призм упора (подпорные стены, контрфорсы, контрбанкеты, защитные стены)		нарушенные массивы сложной структуры с переслаиванием пород или рыхлые породы, склонные к оползанию
	механическое удержание уступов, отдельных участков борта	анкеры, штанги, гибкие тросовые тяжи	крупноблоковые маловыветрелые и сланцеватые слоистые твердые породы с падением в сторону выемки под углами 40-60° и более
		железобетонные сваи	слаботрещиноватые породы с углом падения плоскости ослабления в выработанное пространство 20-50°
		металлические сетки на приповерхностной части откосов	при риске камнепада
	упрочнение вмещающих пород	цементация, смолизация, силикатизация, электрохимическая и термическая обработка пород, уплотнение энергией взрыва	трещиноватые скальные и полускальные породы; песчаные, лессовидные и глинистые породы
набрызг-бетон по металлической сетке, агромелиорация		сильнотрещиноватые, склонные к интенсивному выветриванию или выщелачиванию породы; песчано-глинистые откосы	



Криолого-гидрогеологическое	осушение массивов	в обводненных массивах в случае влияния воды на устойчивость
	снижение порового давления или давления воды в трещиноватых массивах	напорные участки массива, при отсутствии естественного дренажа
	промораживание массива в криолитозоне с организацией сохранения теплового режима массива в летний период с помощью специальных матов	при потере прочности массива при его растеплении
Отвалообразование	изменение режима отсыпки отвалов (порядок отсыпки)	при появлении признаков неустойчивости
	отсыпка предотвалов при слабом основании	при наличии слабого основания
	отсыпка отвалов в криолитозоне с сохранением температурного режима основания	при потере прочности пород основания при их растеплении
	инженерные методы ускорения консолидации намывных массивов	при невозможности организации режима отсыпки отвалов
<b>Компенсирующие</b>		
Технические	проектирование широкой улавливающей бермы	при риске развития деформаций и недостаточной улавливающей способности берм безопасности
	проектирование резервного транспортного съезда	при риске повреждения основного транспортного съезда
	установка перехватывающих и камнеулавливающих систем (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы)	при риске камнепада
Организационные	совершенствование системы мониторинга	при риске высоких негативных последствий от возможных деформаций
	совершенствование системы безопасности труда (вовлечение персонала разных уровней в систему оповещения о геомеханических опасностях, памятки по безопасности, наряд-допуски при работе в опасных зонах, повышение квалификации персонала)	для объектов ведения горных работ II класса опасности
	оборка заколов на уступах и зачистка берм безопасности с применением специальной техники	при наличии заколов и риске камнепада
	ведение горных работ только в период отрицательных температур	при потере прочности массива при его растеплении

3. Мероприятия по управлению устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов выбираются с учетом технической и экономической целесообразности по решению эксплуатирующей или специализированной организации.

4. Допускается применение других мероприятий по управлению устойчивостью уступов и бортов карьеров, разрезов и отвалов при обосновании их эффективности.