

Рабочий вариант содержания Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов»

Проект

**Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов»
(утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от _____ 2019 г. № _____)**

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящие Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов» (далее - Правила) разработаны в соответствии с требованиями Федерального закона 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; 2015, № 1, ст. 67; № 29, ст. 4359), 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. N 599 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 02 июля 2014 г., регистрационный N 32935).

1.2 Настоящие Правила регламентируют порядок и методы инженерно-геологического и гидрогеологического изучения природных и техногенных массивов пород, способы и методы оценки устойчивости и расчета параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов, порядок и методы мониторинга их устойчивости, а также меры по предупреждению деформационных процессов и борьбы с ними на всех стадиях проектирования и эксплуатации карьеров, разрезов и отвалов.

1.3 Настоящие Правила предназначены для проектирования, строительства и эксплуатации карьеров, разрезов и отвалов.

Правила являются обязательными при обосновании и оценке устойчивости откосов карьеров, разрезов и отвалов на любых стадиях проектирования и эксплуатации объектов открытых горных работ.

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

1.5. Проектная документация на строительство, эксплуатацию, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию карьеров, разрезов и отвалов должна включать обоснование параметров откосов и содержать перечень мер по управлению и мониторингу их устойчивости.

1.6 В Правилах используются термины и их определения, условные обозначения, приведенные в Прил. 1 и 2 к настоящим Правилам.

1.7. Правила содержат:

- методы и порядок инженерно-геологического изучения природных и техногенных массивов горных пород;
- методы и порядок гидрогеологического изучения месторождений;
- методы и порядок изучения геокриологических условий месторождений;
- методы оценки прочностных и деформационных свойств массива горных пород;
- методы районирования участка недр в соответствии с условиями управления состоянием массива горных пород при открытой разработке месторождений;
- обоснование выбора величины коэффициента запаса устойчивости бортов, их участков, рабочих и нерабочих уступов карьеров, разрезов и отвалов;
- перечень факторов, оказывающих влияние на устойчивость откосов;
- характеристику наиболее распространенных видов и форм нарушения устойчивости, а также классификацию деформаций и выбор методики и вероятных схем деформирования участков бортов карьеров, разрезов и отвалов;
- методы оценки устойчивости откосов, в т.ч. в криолитозоне;
- методы учета сейсмического воздействия взрывов и землетрясений на устойчивость бортов карьеров и разрезов и отвалов;
- методы учета влияния статических и динамических нагрузок горнотранспортного оборудования на устойчивость бортов карьеров, разрезов и отвалов;
- методы и порядок оценки устойчивости откосов бортов карьеров и разрезов при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений;
- способы управления устойчивостью бортов карьеров, разрезов и отвалов;
- методы и порядок взрывания при постановке уступов бортов карьеров и разрезов в предельное положение;
- методы мониторинга состояния устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов;
- методы оценки риска развития деформаций и нарушения устойчивости бортов карьеров, разрезов и отвалов;
- мероприятия по обеспечению безопасности при обнаружении критических деформаций.

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

2.1. Факторы, влияющие на устойчивость откосов, делятся на четыре группы:

- физико-географические;
- инженерно-геологические;
- гидрогеологические;
- горно-технические.

Устойчивость откосов определяется совокупным действием этих факторов.

2.2 Физико-географические факторы, которые необходимо учитывать: климатические условия, орогидрография участка месторождения и прилегающей к нему территории, сейсмичность района, наличие и характер распространения многолетнемерзлых пород.

2.2.1. Климатические условия, влияющие на устойчивость откосов:

- количество атмосферных осадков, характер дождей, мощность снегового покрова и продолжительность его таяния (с этим фактором связано питание водоносных горизонтов, развитие деформаций);
- температурный режим района, глубина сезонного промерзания и оттаивания пород (оказывают влияние на интенсивность выветривания слабостойких пород, образование осыпей и разрушение берм);
- режим ветров, их сила, продолжительность и направление, определяющие устойчивость откосов песчаных и скальных склонов к выветриванию пород.

2.2.2. Рельеф района определяет характер стока атмосферных осадков и обводнение пород в окрестности разреза.

2.3. Инженерно-геологическими факторами являются:

2.3.1. Элементы залегания рудных тел и вмещающих пород, горно-геометрические и морфологические характеристики месторождения.

2.3.2. Характер структурных связей пород, слагающих месторождение.

2.3.3. Классы массивов горных пород в соответствии с ГОСТ 25000-95:

- природные скальные грунты - грунты с жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными), которые, в свою очередь, разделяются на скальные (интрузивные, эффузивные, метаморфические и часть осадочных) и полускальные (в основном осадочные типа опок, мергелей, мела и проч.) породы;

- дисперсные грунты - грунты с водноколлоидными и механическими структурными связями, которые, в свою очередь, делятся на связные (глины, суглинки, супеси, торфа и проч.) и обломочные (пески и крупнообломочные грунты). К дисперсным грунтам также относятся техногенные образования (отвалы, гидроотвалы и проч.).

2.3.4. В массивах скальных и полускальных пород при оценке устойчивости откосов должны учитываться:

- густота и состояние основных систем трещин и их ориентация относительно поверхности откосов;

- прочностные характеристики пород (прочность на одноосное сжатие и растяжение, сцепление, угол внутреннего трения, длительная прочность на сжатие и растяжение);

- прочностные характеристики контактов пород и других поверхностей ослаблений (сцепление на контакте и угол трения по контакту), зависящие от морфологии контактов, их раскрытия, заполнителя трещин;

- деформационные характеристики пород (модуль упругости, модуль деформаций, коэффициент Пуассона, модуль сдвига), их длительная прочность;

- склонность пород в откосах к изменению свойств во времени (набухание, разуплотнение, выветривание, выщелачивание);

- параметры природного поля напряжений (для глубоких карьеров).

2.3.5. В массивах дисперсных грунтов при оценке устойчивости откосов должны учитываться:

- гранулометрический и минеральный состав;

- число пластичности и показатель текучести (глинистые грунты);

- естественная влажность;

- относительная деформация набухания без нагрузки (глинистые грунты);

- относительная деформация просадочности (глинистые грунты);

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

- относительное содержание органического вещества;

- компрессионные свойства грунтов;

- для криогенных массивов - температурно-прочностные свойства, криогенная структура, льдистость.

2.4. К гидрогеологическим факторам относятся:

- глубина залегания водоносных горизонтов и их гидродинамические характеристики;

- водообильность горизонтов;

- водонасыщенность пород;

- наличие и характеристика гидравлической связи между горизонтами;

- объем водопритоков;

- набухание, снижение прочности и местные деформации откосов за счет поступления подземных, дождевых и талых вод;

- гидродинамическое давление фильтрующихся подземных вод в приоткосном массиве;

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

- суффозия откосов, сложенных глинистыми или мелкообломочными грунтами;

- нарушение целостности вмещающих пород водоносного горизонта. Образование воронок депрессии под влиянием горных работ;
- изменение гидрогеологического режима в результате откачки подземных вод для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения;
- внезапные прорывы подземных вод в результате вскрытия карстов или нарушения режима дренажа.

2.5. Горно-техническими факторами являются:

- способы и параметры ведения буровзрывных работ;
- форма карьера/разреза в плане;
- высота, профиль и угол откоса борта;
- параметры элементов уступов;
- условия и параметры подработки прибортового массива пород подземными горными выработками при комбинированном способе отработки месторождения.

2.5.1. В массивах, сложенных скальными и полускальными породами, на устойчивость откосов карьеров/разрезов существенное влияние оказывают способы и параметры ведения буровзрывных работ, форма выемки в плане, высота, профиль и угол откоса борта, ширина берм и частота их расположения.

2.5.2. На устойчивость откосов в рыхлых и выветрелых породах, склонных к набуханию или размоканию, наибольшее влияние оказывают профиль площадок уступов, обеспечивающий сток дождевых и талых вод, и своевременная заоткоска уступов.

2.5.3. Степень влияния взрывных работ на снижение прочности массива горных пород зависит от способа взрывания, расстояния от места взрыва и структуры массива, технологии защитного щелеобразования.

2.5.4. Форма карьерной выемки в плане определяет наличие в различных горно-геологических условиях сил бокового распора, влияющих на предельные параметры устойчивых откосов.

2.5.5. При определении углов откосов бортов и уступов необходимо учитывать снижение прочности массива горных пород и изменение их деформационных характеристик с учетом условий и параметров подработки бортов карьеров/разрезов подземными горными выработками.

2.5.6. Для отвалов наиболее значимыми факторами являются прочностные характеристики отвальной массы и основания отвала, высота отвала и его ярусов, темпы наращивания отвала, гидрогеологические факторы.

3 ПОРЯДОК И МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

3.1. Объем и методика инженерно-геологических работ (Прил. 3) определяются с учетом степени сложности горно-геологического строения месторождения, а также стадии его освоения (разведка, проектирование, строительство и эксплуатация).

3.2. Состав инженерно-геологических изысканий предусматривает:

3.2.1. Для скальных и полускальных массивов: изучение ориентировки и густоты основных систем трещин; испытания прочностных характеристик образцов горных пород (прочности на одноосное сжатие и растяжение, сцепление, угол внутреннего трения) и контактов; деформационные характеристики горных пород.

3.2.2. Для дисперсных массивов (в основном – основания отвалов): изучение гранулометрического и минерального состава, а также естественной влажности и пористости (коэффициента пористости) пород; для глинистых грунтов - измерения числа пластичности и показателя текучести, компрессионных свойств, деформаций набухания и просадочности (при необходимости); для мерзлых дисперсных грунтов – изучение температурно-прочностных свойств, криогенной структуры, льдистости.

3.3. Инженерно-геологическое изучение скальных массивов в приконтурной зоне откосов бортов карьера (разреза) и отвала должно выполняться в следующем порядке:

- установление местоположения и ориентировки поверхностей структурного ослабления в приконтурной зоне относительно поверхности откосов с определением иерархических уровней;

- определение геомеханических параметров поверхностей структурного ослабления каждого уровня иерархии включают оценку протяженности, ширины раскрытия «швов», изменчивости элементов залегания, коэффициента шероховатости, а также свойств заполнителя (плотность, влажность, пористость, сопротивление сдвигу, сжимаемость);

- определение прочностных и деформационных характеристик массива породных блоков, а также пород, примыкающих к крупным тектоническим нарушениям;

- оценка параметров природного поля напряжений в районе месторождения (при необходимости – в случае глубоких карьеров).

3.4. Ширина приконтурной зоны, в границах которой должно выполняться инженерно-геологическое изучение массива, определяется, исходя из параметров проектируемого карьера/разреза с увеличением на 10-15% относительно предельного контура.

3.5. Положение тектонических нарушений и крупных трещин, а также ориентировка складчатых структур в приконтурной зоне оцениваются путем экстраполяции этих элементов, определяемых по скважинам, расположенным в рудной зоне.

3.6. В случаях, когда буровыми скважинами пересекаются тектонические разломы и крупные трещины, мощность зон дробления и свойства заполнителя их полостей устанавливаются экстраполяцией параметры разломов, выявленные при оконтуривании и изучении зон оруденения.

3.7. Оценка параметров приконтурной зоны проектируемого карьера производится с учетом выявленных при оконтуривании и изучении зон оруденения параметров разломов.

3.7.1. Для скальных и полускальных массивов, представленных метаморфическими и метаморфизованными породами, а также для осадочных комплексов, подвергнувшихся интенсивному складкообразованию, при определении границ расчетных участков, в пределах которых оценивается устойчивость откосов, необходимо выявлять местоположение пород с пониженной прочностью (талько-хлоритовые, талько-карбонатные, серицитовые и пр.). Учет вторичной складчатости обязателен при определении параметров уступов на предельном контуре карьера/разреза.

3.7.2. При оценке параметров приконтурной зоны после выноса на геологическую карту разрывных нарушений и элементов складчатости, выявленных в зоне оруденения, производится их сопоставление с данными, полученными по скважинам, пройденным за пределами рудных тел. Если при этом сравнении подтверждается идентичность элементов структуры массивов в приконтурной и рудной зонах, то на участках, где расхождение в простирании и углах падения разломов и трещин III-IV уровней не превышает погрешности их определения ($5-10^0$), имеющуюся информацию необходимо считать достаточной для разработки проекта. Если же расхождения превышают $10-15^0$, то до начала проектирования необходимо уточнить инженерно-геологические параметры массива путем бурения дополнительных скважин.

3.7.3. Проходку дополнительных скважин для наклонных и крутопадающих рудных тел необходимо вести, преимущественно, по висячему боку, поскольку в процессе детальной разведки эта часть приконтурной зоны остается мало изученной. При отсутствии возможности отбора ориентированного керна проходка дополнительных (инженерно-геологических скважин) должна осуществляться только вертикально, что обеспечивает максимальную точность определения углов падения структурных элементов.

3.8. Бурение инженерно-геологических скважин должно вестись с учетом генезиса месторождения. При этом месторождения делят на типы:

I. Магматические.

II. Контактново-метасоматические.

III. Гидротермальные.

IV. Метаморфические и метаморфизованные.

3.8.1. При бурении инженерно-геологических скважин на магматических месторождениях необходимо исходить из больших размеров структурных блоков в пределах которых необходимо определять прочностные и деформационные характеристики руд и вмещающих пород. Основное внимание должно быть уделено картированию разрывных нарушений и крупных трещин, а также оценке напряженного состояния и деформационных характеристик пород массива для обоснования параметров и технологий постановки бортов карьера на предельный контур.

3.8.2. При бурении инженерно-геологических скважин на контактово-метасоматических месторождениях необходимо исходить из положений:

- особое внимание необходимо уделять уточнению параметров структурного строения скального массива, особенно местоположению и элементам залегания крупных разрывных нарушений, определяющих границы участков контура карьера, в пределах которых ориентировку основных систем трещин можно считать постоянной;

- необходима проходка дополнительных инженерно-геологических скважин со стороны висячего бока рудной залежи на каждом предполагаемом участке предельного контура проектируемого карьера (количество дополнительных скважин определяется сложностью строения месторождения и ориентировкой основных элементов структуры массива относительно контура карьера – Прил. 3);

- при проходке дополнительных скважин особое внимание должно быть обращено на выделение интервалов с низким выходом керна, детальную документацию углов падения тектонических нарушений и трещин отдельности, а также на качество отбора проб для лабораторных исследований.

3.8.3. При бурении инженерно-геологических скважин на гидротермальных месторождениях в связи с недостаточной достоверностью информации о структуре массива и прочностных показателях пород и контактов, приведенных в материалах геологической разведки, необходимо дополнительное инженерно-геологическое изучение вмещающего массива горных пород, как на этапе проектирования, так и в процессе отработки месторождения.

3.8.4. При бурении инженерно-геологических скважин на метаморфических и метаморфизованных месторождениях основной задачей является определение положения контуров рудных тел и качественных показателей руд, так как в процессе метаморфического преобразования толщи пород образуются многочисленные пачки и прослои с низкой прочностью на сдвиг, которые необходимо рассматривать как потенциальные поверхности ослабления, не менее опасные, чем разломы II – IV порядков (Прил. 3).

При инженерно-геологических исследованиях на месторождениях этого типа необходимы:

- инженерно-геологическое бурение скважин для получения достоверной информации о положении и элементах залегания поверхностей ослабления II-IV (Прил. 3) иерархических уровней (при отсутствии разведочных скважин за контуром карьера по висячему боку залежи);

- изучение положения и элементов залегания не только тектонических трещин и разрывов, но и пачек и прослоев слабых пород типа сланцев различного состава (талько-хлоритовых, талько-карбонатных, графитовых и т.д.);

- проведение наблюдений за деформациями массива бортов и уступов карьера/разреза;

- уточнение прочности на сдвиг межслоевых контактов на основе обратных расчетов по паспортам обрушения отдельных уступов и их групп.

3.9. На основании инженерно-геологического изучения массива в процессе эксплуатационной разведки и ведения горных работ на месторождении необходимо получение надежных данных о структуре и физико-механических характеристиках скального и полускального массивов для полного исключения возникновения грубых ошибок при

оценке предельных углов погашения бортов и уступов карьера/разреза.

3.10. Надежность определения углов погашения бортов и уступов в проектах реконструкции может быть существенно увеличена за счет систематического картирования структурных элементов массива в ходе углубки карьера, особенно в приконтурной зоне.

3.11. При выборе количества и мест заложения инженерно-геологических скважин необходимо учитывать график реконструкции карьера (разреза) для пересмотра границ карьера и транспортных схем. Проведение детальных инженерно-геологических изысканий необходимо производить из расчета углубки за период между двумя этапами реконструкции, т.е. с интервалом глубин 100-150 м. В интервалах между скважинами, оставшимися от детальной разведки, целесообразно проходить ряд скважин мелкого заложения, исходя из расчета углубки на 1 – 2 уступа. При этом расстояние между мелкими скважинами не должно превышать 100-200 м.

3.12. Для исключения возникновения крупных оползней в начальный период эксплуатации карьера/разреза необходима комбинация мелких и глубоких инженерно-геологических скважин, что позволяет получить информацию о строении скального массива на всю глубину отработки.

3.13. Необходимо ранжирование различных уровней нарушенности массивов скальных пород:

- для мелких трещин, определяющих прочность горных пород, слагающих структурные блоки (как наиболее обобщенную характеристику необходимо оценивать их интенсивность);
- для крупных трещин, превращающих скальный массив в раздельно-блочную среду, необходимо оценивать расстояния по нормали между трещинами одной системы, определяющие размеры обособленных блоков и их соотношение;
- для разломов необходимо определять их мощность и протяженность, а также размеры зон сгущения крупных трещин.

4 РАЙОНИРОВАНИЕ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТАМ СТРУКТУРЫ

4.1. Основой районирования массивов скальных пород по инженерно-геологическим элементам структуры является анализ кернов геологических скважин. Основным требованием к бурению инженерно-геологических скважин является либо отбор ориентированного керна, либо вертикальность скважин (отклонение от вертикали не более 10^0) при выходе керна не менее 70%. В случае снижения выхода керна (ниже 70 %), необходимо переходить на увеличенный диаметр скважины или уменьшать длину уходки. Если снижение длины уходки не обеспечивает требуемый выход керна, то необходимо перейти на бурение «на сухую».

4.2. Картирование структурных элементов массива горных пород должно базироваться на исходных данных в виде геологических карт и разрезов, составленных по материалам детальной и дополнительной разведок с вынесением на них установленных и предполагаемых разломов и элементов залегания складчатости и сланцеватости (Прил. 3).

4.3. Структурная съемка массива после начала открытых работ должна выполняться по каждому рабочему горизонту по мере продвижения фронта уступов в сторону предельного контура.

4.4. Пополнение погоризонтных планов должно осуществляться на основе анализа данных структурной съемки после проходки каждой заходки или групп заходок (в зависимости от характера природной трещиноватости) в приконтурной зоне карьера шириной 50-100 м, с нанесением на погоризонтные планы (и/или пополнением цифровой модели) следующей информации:

- координаты и элементы залегания контактов литологических разностей пород и руд;
- координаты и элементы залегания всех разрывных нарушений и контактов слоистости и сланцеватости;
- номера площадок массовых замеров трещиноватости, описание мест отбора проб для

лабораторных испытаний, профилировки поверхностей крупных трещин и участков вывалов и обрушений.

4.5. Местоположение контактов, разрывных нарушений и трещин фиксируется на погоризонтных планах по точкам их пересечения с верхней и нижней бровками уступов. Более мелкие структурные элементы, в том числе и трещины отдельностей, изучаются при проведении массовых замеров трещиноватости. Замеры в обязательном порядке проводятся по всем уступам на каждой заходке в пределах приконтурной зоны с интервалом между точками замеров не более 150 – 200 м. В случаях, когда в пределах такого интервала уступ пересекают крупные разломы, интервал между точками съемки уменьшается для обеспечения контроля за изменением ориентации основных систем трещин, а также для оценки характеристик поверхностей структурного ослабления (раскрытие и вид заполнителя полости, ширина зоны опережающих трещин и т.д.).

4.6. Для идентификации каждого разлома и уточнения элементов их залегания, вынесенные на план горизонта результаты структурной съемки должны быть сопоставлены с аналогичной информацией по выше- и нижерасположенным горизонтам, что обеспечивает возможность своевременного выявления группы уступов с пониженной устойчивостью на участке борта, уже поставленного на предельный контур, и своевременного принятия мер по предотвращению развития аварий.

4.7. При обследовании массива откосов бортов, где имеются признаки образования вывалов и обрушений и по условиям безопасности невозможно проведение инструментальных наблюдений, должно быть организовано проведение визуальных наблюдений с обязательной фото/видео съемкой участков, а также дистанционного обследования с использованием дронов, георадаров и иного оборудования дистанционного наблюдения. При этом в материалах съемки должны фиксироваться координаты и индекс участка на погоризонтном плане для последующего сопоставления данных по типу деформаций на разных горизонтах и оценки их приуроченности к той или иной зоне ослабления.

4.8. При отборе образцов горных пород для картирования элементов массива с применением методов лабораторных испытаний по определению угла трения по контакту трещины, необходимо давать описание отобранной пробы с указанием элементов залегания трещины, ее иерархического уровня, характеристики заполнителя, параметров раскрытия трещины в сопоставлении с профилем поверхности трещины, составленным по полевым замерам.

4.9. Массовые замеры трещиноватости выполняются с помощью горного, солнечного или гироскопического компаса или с применением систем по трехмерному построению участков бортов и уступов и картированию нарушений (фотограмметрические методы, сканирование специальными устройствами и т.д.).

4.10. При проведении массовых замеров трещиноватости результаты заносятся в журнал, в котором для каждой трещины, помимо азимута простирания и угла падения, фиксируют видимую длину трещины L , видимое раскрытие Δl , расстояние между соседними трещинами l , а также качественные характеристики поверхности (минерализация, степень шероховатости и т.п.).

4.11. Определение направления систем трещин ведется с оценкой двух угловых параметров - азимута и угла падения трещины. Выделение систем трещин по одному из этих параметров с использованием роз-диаграмм запрещается.

4.12. Выделение полюсов (центров рассеяния) систем трещин, а также определение границ каждой системы и средних параметров трещин в пределах каждой из систем производится на основе статистической обработки результатов массовых замеров трещиноватости.

4.13. После определения границ каждой системы трещин и их центров, все построения переносятся на равнопромежуточную проекцию, а затем по номерам трещин определяются средние величины видимой длины L , раскрытия Δl и расстояния между

соседними трещинами системы *l*. Затем определяются качественные характеристики поверхности трещин и уточняются координаты центров систем с установлением величины среднеквадратических отклонений азимутов и углов падения.

5 ПОРЯДОК И МЕТОДЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МАССИВА

5.1. В целях оценки гидрогеологических условий производства горных работ, обоснования и разработки мероприятий по борьбе с подземными и поверхностными водами, влияющими на устойчивость бортов и откосов уступов горных выработок требуется проведение гидрогеологического изучения месторождения.

5.2. В состав гидрогеологических изысканий входят:

- типизация гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом.
- схематизация условий фильтрации подземных вод к открытым горным выработкам и водоприемным системам осушения;
- опытно-фильтрационные исследования при разведке и доразведке месторождений;
- режимные наблюдения за уровнями и напорами подземных вод в прибортовых массивах карьеров (разрезов) на этапах их строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации;
- стационарные наблюдения за водотоками в горные выработки карьеров (разрезов);
- оценка и прогноз техногенного режима подземных вод;
- оценка и прогноз величины и уровня гидравлических напоров в прибортовых массивах с установлением величины водопритоков в открытые горные выработки на основе использования численного геофильтрационного моделирования;
- обоснование и разработка способа осушения месторождения, обеспечивающего допустимые величины и уровни гидравлических напоров в прибортовых массивах, а также величины водопритоков в открытые горные выработки, обеспечивающие фильтрационную устойчивость бортов и уступов карьера (разреза).

5.3. Описание состава и порядка проведения гидрогеологических исследований дано в Прил. 4.

6 МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ

6.1. Исходные положения, на которых основаны методы расчета, следующие:

- а) нарушение устойчивости борта (уступа или откоса отвала) происходит в виде обрушения или оползания слагающих борт пород по поверхности скольжения;
- б) при отсутствии в откосе неблагоприятно расположенных поверхностей ослабления массива поверхность скольжения является монотонной, близкой по форме к круглоцилиндрической поверхности, и имеет на разрезе вид плавной дуги;
- в) при наличии в откосе неблагоприятно ориентированных плоскостей ослабления поверхность скольжения полностью или частично совпадает с ними и на разрезе имеет вид ломаной линии.

6.2. Устойчивость бортов карьеров и разрезов, уступов (группы уступов) и отвалов обеспечивается при условиях, когда отношение удерживающих сил, действующих по наиболее напряженной (наиболее слабой) поверхности в прибортовом массиве, к сдвигающим силам по этой поверхности составляет не менее величины нормативного коэффициента запаса устойчивости $K_{\text{з}}$, т.е. выполняется условие:

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi \sum N + CL + A}{\sum T + B} = K_{3y}. \quad (6.1)$$

где $(\operatorname{tg} \varphi \sum N + CL)$ – силы трения и сцепления по поверхности ослабления; A – другие удерживающие силы; $\sum T$ – сумма сдвигающих сил; B – другие сдвигающие силы.

6.3. По принципу определения параметров устойчивого откоса выделяются:

- методы, предусматривающие построение контура откоса, являющегося внешней границей зоны, во всех точках которой удовлетворяется условие предельного равновесия;
- методы, предусматривающие построение в массиве откоса поверхности скольжения, вдоль которой удовлетворяется условие предельного равновесия.

6.4 Оценка устойчивости откосов и определение их параметров производятся расчетом по методам и схемам, учитывающим геологические и гидрогеологические условия месторождения, геометрические элементы откосных сооружений, внешние нагрузки и т.д.

6.5. Для расчетов устойчивости могут использоваться (как поодиночке, так и в комплексе):

- методы, основанные на теории предельного равновесия «сыпучей среды», включающей также и предельное равновесие связной среды с трением (с подсчетом коэффициента запаса устойчивости методами алгебраического или векторного (метод многоугольника сил) суммирования сил;
- методы, основанные на численном решении дифференциальных уравнений теории сплошной среды (конечных и граничных элементов, конечных разностей, конечно-дискретных элементов) с определением коэффициента запаса методами редукции или анализа напряжений на основе теории предельного равновесия.

6.6. Прочность и условия залегания пород, ориентировка крупных естественных поверхностей ослабления в массиве горных пород относительно простирания откоса определяют характер деформирования бортов карьеров и, следовательно, форму потенциальной поверхности скольжения и выбор схем расчета их устойчивости.

6.7. Методы расчета устойчивости откосов, учитывающие напряженное состояние природных и техногенных массивов пород, и схемы расчета, соответствующие характеру их деформирования в различных горно-геологических условиях, представлены в Прил. 5 – 7.

6.8 Методы и порядок оценки устойчивости откосов бортов карьеров и разрезов при комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений производится с учетом последовательности и динамики развития открытых и подземных горных работ в массиве месторождения, конструктивных параметров систем разработки, технологии ведения буровзрывных работ, способов управления состоянием массива на открытых и подземных работах, в соответствии с Прил. 8.

6.9. Расчет устойчивости должен производиться не только для бортов и уступов, но и для группы уступов (участков бортов неполной высоты) с выявлением наиболее опасных по движению зон.

6.10. В местах сдвигов, сбросов, тектонических разломов, а также при повышении степени трещиноватости пород должны приниматься дополнительные меры по обеспечению устойчивости откосов: уменьшение угла наклона, укрепление откосов, выбор щадящего режима взрывных работ и т.д.

6.11. Перед проведением расчетов устойчивости бортов и уступов должна составляться геомеханическая модель месторождения, учитывающая генетический тип месторождения и геологическую историю участка месторождения, структуру, прочностные и деформационные характеристики рудного и породного массивов, гидрогеологические особенности месторождения.

6.12 Оценка нормативных прочностных и деформационных характеристик горных пород производится на основе изучения прочностных и деформационных свойств образцов

горных пород и контактов и результатов изучения структуры массива в соответствии с прил. 9.

6.13. При отсутствии достоверной информации по прочностным характеристикам пород, слагающих массив, допускается использовать справочный материал, приведенный в Прил. 9. Нормативный коэффициент запаса устойчивости при этом должен быть увеличен в соответствии с прил. 9.

6.14. Сдвиговые характеристики отвальных пород определяются в соответствии с их гранулометрическим составом и справочным материалом, приведенным в прил. 9.

6.15. На основе геомеханической модели производится районирование бортов карьера (разреза) в соответствии со строением массива, условиями управления состоянием массива пород и горнотехническими факторами (Прил. 10). В пределах выделенных участков (доменов) свойства массива рекомендуется считать одинаковыми.

При районировании необходимо учитывать также пересеченность рельефа земной поверхности, площадь и глубину отработки месторождения.

6.16. Расчеты устойчивости откосов бортов и уступов (групп уступов) производятся отдельно для каждого выделенного участка (домена).

6.17. Для уступов, сложенных слабыми породами, а также для отвалов суглинистых грунтов расчет устойчивости ведется с учетом влияния статических и динамических нагрузок от горнотранспортного оборудования (Прил. 11).

6.18. При расчетах устойчивости в явной форме учитываются основные факторы, от которых зависит переход в предельное состояние. Менее значительные факторы учитываются совокупно с помощью коэффициента запаса (Прил. 12) или через вероятность обрушения (Прил. 6).

6.19. Выбор коэффициента запаса устойчивости бортов, их участков, рабочих и нерабочих уступов карьера (разреза), а также отвалов осуществляется с учетом стадии освоения месторождения, определяющей степень надежности исходных данных и сроки стояния откосов, дифференцированно по уступам, участкам бортов и в целом бортов карьера (разреза) в соответствии с Прил. 12.

6.20. При оценке устойчивости откосов или определении их предельных параметров используются расчетные характеристики прочности пород, которые устанавливаются путем введения в исходные данные нормативного коэффициента запаса устойчивости.

7 МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ

7.1. Мониторинг деформаций бортов, уступов карьеров и разрезов и отвалов (Прил. 13) является обязательным на всех этапах ведения открытых горных работ, при их завершении и ликвидации объектов.

7.2. Для ведения мониторинга по усмотрению технического руководителя предприятия в составе отделов геолого-маркшейдерской службы предприятия, либо в виде отдельного отдела образуется специальная группа по обеспечению мониторинга устойчивости бортов карьеров (разрезов) и отвалов, состоящая из специалистов - горняка, маркшейдера и геолога.

7.3. Проект мониторинга должен определять виды и состав наблюдений, регистрируемые величины, критерии безопасности, необходимую точность, периодичность и продолжительность наблюдений.

Величины критериев безопасности определяются индивидуально для каждого объекта с учетом особенностей месторождения.

7.4 Виды, методы, способы наблюдений за состоянием уступов, бортов карьера и отвалов, утверждает техническим руководителем предприятия

7.5. Проекты наблюдательных станций, с помощью которых ведется мониторинг, а также их количество и расположение, порядок замены, переноса или ремонта определяются научной или производственной организацией и утверждаются техническим руководителем

предприятия.

7.6. В качестве исходных точек наблюдательной сети используются пункты маркшейдерской или государственной геодезической сети, удаленные от предельного контура на расстояние не менее $1,5 H$ (H - предельная глубина карьера) за пределами влияния процессов сдвижения. Такие точки должны располагаться в наиболее стабильных местах, с минимальным влиянием процессов сдвижения и иметь бетонный якорь ниже глубины промерзания пород.

Опорные пункты наблюдательных линий координируются с использованием системы GNSS

Допускается использовать в качестве опорных точек пункты маркшейдерско-геодезической сети, расположенные в непосредственной близости от борта карьера положение которых проверяется перед началом работ. С опорных точек выполняется мониторинг по рабочим реперам в карьере, также они могут использоваться для мониторинга деформационного состояния прибортового массива по периметру карьера.

7.7. Мониторинг состояния уступов, бортов карьеров (разрезов), отвалов ведется визуальными и инструментальными наблюдениями, в том числе, с помощью специальной аппаратуры (дроны, GPS, ГЛОНАСС, наземные радарные системы, лазерные сканирующие системы и проч.).

На уступах, сложенных слабыми породами (глины, песчаники, слабые мергели) допускается ведение мониторинга состояния уступов с помощью геодезических наблюдений за перемещением реперов, закладываемых на бермах карьера (разреза)

7.3. Основные положения мониторинга устойчивости бортов карьеров (разрезов):

7.3.1. Инструментальные наблюдения за деформациями бортов карьеров (разрезов) проводятся с целью:

- обеспечения сохранности зданий и сооружений, расположенных вблизи от контура карьера/разреза;
- контроля устойчивости бортов и их участков;
- оценки и уточнения параметров природного поля напряжений;
- контроля деформаций бортов карьеров (разрезов), установления закономерностей их развития и выявления причин возникновения;
- уточнения прочностных характеристик массива по результатам обратных расчетов;
- установления допустимых параметров откосов на выделенных участках предельного контура;
- выявления потенциально опасных участков контура с последующей разработкой мер, исключающих проявление деформаций, опасных для жизнедеятельности людей и работы оборудования.

7.3.2. Мониторинг устойчивости бортов ведется:

- весь период эксплуатации карьера/разреза, вплоть до его ликвидации;
- в случае наличия деформаций после прекращения открытых горных работ - до затухания процесса сдвижения;
- при комбинированной разработке - до завершения подземных горных работ в бортах и ниже дна карьера/разреза.

Признаком затухания процессов сдвижения является отсутствие превышения смещений реперов ошибки их измерения в течение 10 лет.

7.3.3. Мониторинг устойчивости бортов может быть прекращен после завершения открытых работ до ликвидации карьера/разреза при условии отсутствия в пределах опасной зоны охраняемых объектов, а также при условии исключения доступа людей в опасную зону.

Границы опасной зоны должны быть определены проектом на отработку месторождения или проектом ликвидации карьера/разреза.

7.3.4. При мониторинге бортов карьеров/разрезов должны регистрироваться вертикальные и горизонтальные перемещения реперов, установленных на уступах или бермах бортов, либо координаты перемещения реперов, установленных в характерных

точках на земной поверхности. Наблюдения за реперами ведутся с помощью переносной геодезической аппаратуры или с применением спутниковых систем, типа GPS, ГЛОНАСС или иных систем.

Тип применяемой аппаратуры и необходимая точность наблюдений определяется проектом мониторинга и проектом наблюдательной станции, разрабатываемыми в соответствии с требованиями Прил. 13.

7.4. Основные положения мониторинга состояния устойчивости и деформаций уступов карьеров (разрезов):

7.4.1 Мониторинг состояния уступов ведется с целью:

- обеспечения безопасности ведения открытых горных работ;
- оценки деформаций уступов и выявление причин их возникновения;
- уточнения прочностных характеристик массива по результатам обратных расчетов;
- установления допустимых параметров откосов на выделенных участках предельного контура;
- выявления потенциально опасных участков контура уступов с последующей разработкой мер, исключая проявление деформаций, опасных для жизнедеятельности людей и работы оборудования и влекущих за собой снижение экономической эффективности горных работ.

7.4.2. Мониторинг состояния уступов должен охватывать все зоны ведения технологических процессов карьера/разреза и действующие капитальные съезды и транспортные бермы.

Зона ведения технологических процессов определяется предприятием самостоятельно, при необходимости - с привлечением специализированных организаций.

7.4.3. На участках борта, поставленных на долговременное стояние, мониторинг состояния уступов может быть прекращен.

7.5. Основные положения мониторинга состояния устойчивости и деформаций откосов отвалов:

7.5.1. Мониторинг устойчивости откосов отвалов ведется с целью:

- обеспечения безопасности процессов отвалообразования;
- обеспечения безопасной эксплуатации охраняемых объектов, расположенных вблизи отвала.

7.5.2. Продолжительность мониторинга устойчивости откосов отвалов после окончания отсыпки отвала определяется типом складированных пород и состоянием основания отвала:

- при складировании крепких скальных пород на прочное или вечномерзлое (при условии сохранения температурного режима) основания мониторинг может быть прекращен после окончания отвалообразования;
- при складировании горных пород на рыхлое основание мониторинг ведется до полного завершения процессов сдвижения (критерий прекращения мониторинга определяется проектом мониторинга).

8 ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ (РАЗРЕЗОВ) И ОТВАЛОВ

8.1. Оценка и управление рисками нарушения устойчивости и развития аварийных ситуаций направлены на минимизацию негативных последствий от развития деформаций и потери устойчивости, а также для выявления потенциальных возможностей повышения эффективности работы предприятия (Прил. 14).

8.2. При управлении рисками должны учитываться не только события и последствия в части охраны труда и техники безопасности, но также и финансовые, правовые, репутационные, экологические и социальные риски.

8.3. Управление рисками должно быть непрерывным и постоянно развивающимся процессом, который внедрен в стандартный рабочий процесс организации работы предприятия на всех этапах его функционирования.

8.4. Процесс оценки и управления рисками включает:

- выявление опасных факторов возникновения рисков развития аварийных ситуаций, связанных с нарушением устойчивости бортов карьеров (разрезов) и отвалов;
- разработку компенсирующих мероприятий и оценку их эффективности;
- анализ текущего уровня риска путем количественной оценки вероятностей и тяжести последствий развития аварии с учетом принятых компенсирующих мероприятий;
- оценку приемлемости текущего уровня риска;
- разработку дополнительных компенсирующих мероприятий в случае превышения допустимого уровня риска развития аварии и оценку риска развития аварии в случае реализации этих мероприятий;
- мониторинг правомерности применения мероприятий по снижению тяжести последствий воздействия выявленных неблагоприятных факторов.

8.5. Оценка степени риска должна вестись по международной шкале (Прил. 14).

8.6. Для документирования фактов развития деформаций и нарушения устойчивости бортов на предприятии должна вестись соответствующая документация.

9. УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОТКОСОВ В ПЕРИОД ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

9.1. Дополнительные мероприятия по управлению устойчивостью откосов в период строительства, эксплуатации и между этапами реконструкции карьера (разреза) выбираются на основе результатов мониторинга устойчивости бортов, уступов и отвалов с учетом результатов структурной съемки массива, ведущейся в процессе отработки месторождения.

9.2. Основным мероприятием по управлению устойчивостью откосов является соблюдение проектных решений по углам наклона и высоте откосов, а также сроку их службы.

9.3. Дополнительными мероприятиями по управлению устойчивости откосов являются:

- корректировка проектных решений (изменение порядка отработки участков, досрочный переход к следующей очереди отработки, оставление широкой улавливающей бермы, локальные корректировки параметров уступов и берм и т.д.)
- укрепление откосов на отдельных участках;
- осушение откосов, сложенных дисперсными обводненными породами, горизонтальным дренажом;
- строительство камнеулавливающих сооружений (барьеры, стенки, тросовые завесы);
- оптимизация параметров буровзрывных работ, обеспечивающая снижение воздействия взрывов на массив пород;
- изменение порядка отработки запасов для снижения сроков службы откосов;
- промораживание откосов массива бортов в крилитозоне с организацией сохранения теплового режима массива в летний период с помощью специальных матов;
- перенос горных работ на период с отрицательными среднесуточными температурами;
- отсыпка предотвалов при слабом основании;
- формирование призм упора из скальных горных пород;
- отсыпка отвалов низкими ярусами для искусственного создания вечномерзлых пород выше дневной поверхности.

9.4. Все мероприятия выполняются по проектам проведения работ, разработанным с учетом требований Прил. 15 и 16, утвержденных техническим руководителем предприятия.

9.5. При необходимости для разработки мероприятий привлекаются специализированные организации.

10. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ КРИТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ.

10.1. Перечень мероприятий по обеспечению безопасности при обнаружении критических деформаций приведен в Прил. 17.

Определение величины критической деформации устанавливается предприятием самостоятельно или с привлечением специализированных организаций индивидуально для каждого объекта.

10.2. Мероприятия по обеспечению безопасности при обнаружении критических деформаций разрабатываются для конкретных условий предприятия и должны быть включены в План ликвидации аварий.

10.3. Необходимые мероприятия выбираются по результатам мониторинга состояния устойчивости откосов.

10.4. При обнаружении критических деформаций необходимо:

- незамедлительно поставить в известность ответственного руководителя работ по ликвидации аварий (диспетчера) и техническое руководство предприятия;
- оповестить горнорабочих по средствам аварийной сигнализации и вывести людей из аварийных участков.

10.5. Схема оповещения персонала является частью общего плана по предупреждению и ликвидации аварии на данном объекте.

10.6. Мероприятия по ликвидации последствий критических деформаций, либо по их стабилизации ведутся на основании проекта проведения работ, утвержденного техническим руководителем предприятия и согласованного с территориальными органами Ростехнадзора.

10.7. При необходимости для разработки мероприятий привлекаются научные или проектные организации.