**Проект**

# Приложение 2

# 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. 1.1). Для каждого класса пород определяется обязательный набор характеристик (табл. 1.2).

**Таблица 1.1** – Классы горных пород в зависимости от прочности структурных связей классы

| Группа горных пород | Механические свойства | Физические свойства |
| --- | --- | --- |
| IА. Твердые-скальные | Прочность, упругость высокие. Сопротивлению сжатию 50-400 МПа, скапливанию 20-100 МПа, разрыву 2-15 МПа. Скорость распространения продольных волн Vp изменяется от 4,0 V0 до 7,0 км/с, сейсмическая жесткость 10-12. Крепость высокая fкр>8. Разрабатываются взрывным способом. Характерна анизотропия свойств в условиях естественного залегания | Плотность высокая (2,65-3,10 г/см3), пористость незначительная - доли процента |
| IВ. 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 Слабоcжимаемы или практически несжимаемы. Модуль общей деформации от 2000 до 100000 МПа. Скорость распространения продольных волн Vpот 1,1 до 4,5 км/с, сейсмическая жесткость от 2 до 12. Устойчивость в откосах зависит от трещиноватости и выветрелости. Крепость fкр=2-8. Разрабатываются механическими и взрывными способами. Характерна анизотропия свойств в условиях естественного залегания. | Плотность средняя (2,20-2,65 г/см3), пористость до 15 %. Скважность изменяется в широких пределах |
| IIА. Дисперсные рыхлые несвязные | Прочность зависит от плотности сложения. Крепость небольшая fкр<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/см3, пористость 25-40 % |
| IIВ. Дисперсные мягкие связные | Прочность зависит от влажности и плотности. Крепость небольшая fкр<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/см3, 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 1.2** – Перечень характеристик горных пород, определяемых в обязательном порядке в ходе инженерно-геологических исследований

|  |  |
| --- | --- |
| Класс пород | Перечень характеристик, определяемых в обязательном порядке |
| Скальные породы  (группа IА) | 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 IВ) | 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 |

1. 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.
2. 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.
3. 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.

1. 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).
2. 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.

1. 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.
2. 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.

1. 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.

1. На стадии предварительной и детальной разведки месторождения допускается оценка протяженности трещин косвенными методами. На стадии эксплуатации протяженность трещин должна быть уточнена в ходе картирования.
2. 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.
3. 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.
4. 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 (Приложение 5).
5. 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.
6. 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.
7. Результаты массовых замеров подлежат статистической обработке с построением круговых диаграмм трещиноватости. Построение диаграмм трещиноватости допускается выполнять с применением программного обеспечения.
8. По результатам картирования составляется сводный геолого-структурный план и/или объемная цифровая модель.
9. Оценка распространения структурных элементов на ниже- и вышележащие горизонты выполняется на основе трассирования следов их пересечения с поверхностью карьера.
10. При геолого-структурном картировании эксплуатируемых месторождений необходимо выполнять ранжирование трещиноватости, а также районирование массива горных пород по степени трещиноватости (блочности) в соответствии с табл. 1.3 и 1.4. Допускается вводить промежуточные категории.

**Таблица 1.3** – 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 1.4** – 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 |

1. 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.

1. 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.

1. При документации керна необходимо разделять естественные трещины от механических на основе наиболее характерных их признаков.
2. Зона дробления, обусловленная нарушениями технологии бурения, должна быть исключена из статистической обработки.
3. Документация керна скважин выполняется в журналах по форме (табл. 1.5, 1.6) для каждой инженерно-геологической скважины.

**Таблица 1.5** – Форма журнала инженерно-геологической документации керна

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал документации (м), выход керна, % | Описание пород: название, цвет, состав, структура, вторичные изменения, слоистость, сланцеватость | Описание трещиноватости | | | | | Модуль кусковатости, кус/м | Интервал раздробленного керна | RQD, % | Данные об опробовании, номер пробы, интервал | Примечание |
| Морфология, генезис | Заполнитель, его состав, мощность | Длина трещин по керну | Ориентировка | Модуль трещиноватости, тр/м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

**Таблица 1.6** – 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 |

1. 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.
2. 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.

1. Результаты геофизических исследований, выполненных в инженерно-геологических скважинах, должны быть сопоставлены с инженерно-геологическими показателями, полученными при документации их керна.
2. При применении фото/видеометрических исследований бурение инженерно-геологических скважин должно проводиться с использованием специальных промывочных жидкостей, препятствующих загрязнению стенок скважин, или воды.
3. Изучение природного поля напряжений проводится по решению проектной или специализированной организации.
4. 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.
5. Для месторождений, сложенных скальными и полускальными породами, обязательными являются структурное и геомеханическое районирование. Для месторождений, сложенных дисперсными породами, обязательным является геомеханическое районирование.
6. Основой структурного районирования является изменение элементов залегания систем трещин. При определении границ структурных участков учитываются тектонические разломы, оси складок, контакты литологических разностей.
7. 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.