**Проект**

# Приложение 2

# ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Изучение инженерно-геологических условий месторождения на различных стадиях его освоения
   1. Инженерно-геологические исследования проводятся с целью:

* изучения структуры и физико-механических свойств массивов руд и вмещающих пород и прогноза условий эксплуатации месторождения;
* разделения пород на типы в зависимости от характера их структурных связей (табл.1.1)
* оценки развития геологических процессов, которые могут осложнить разработку месторождения (оползни, сели и др.;
* обоснования рекомендаций по обеспечению устойчивости уступов и бортов;
* определения необходимости проведения дополнительных специальных исследований.

По результатам инженерно-геологических изысканий 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 Vpизменяется 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. Рыхлые несвязные (дисперсные) | 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. Мягкие связные (дисперсные) | Прочность зависит от влажности и плотности. Крепость небольшаяfкр<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 изысканий

|  |  |
| --- | --- |
| 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 изыскания 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 данной стадии дополнительно инженерно-геологические скважины бурят на потенциально неблагоприятных по устойчивости участках (призмы возможного обрушения, узлы пересечения тектонических нарушений, зоны разломов и т.д.). На наиболее сложных по инженерно-геологическим условиям месторождениях проводятся дополнительные исследования по специально разработанным программам изучения месторождения. Если позволяет строение месторождения, инженерно-геологические скважины совмещаются с геологоразведочными. При наличии обнажений скальных пород дополнительно производится изучение параметров естественной трещиноватости (количество и ориентировка основных систем трещин, их густота, протяженность).

В результате выполненных инженерно-геологических исследований на стадии детальной разведки должны быть получены:

* характеристика физико-географических условий (климат, рельеф, гидрогеологические условия), 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.

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

* 1. На этапе строительства и эксплуатации месторождения (стадия эксплуатационной разведки) в ходе инженерно-геологических исследований уточняются о прочностных, деформационных и плотностных показателях свойств пород и массива, параметрах природной и техногенной трещиноватости, которые определяют предельные параметры уступов и бортов в предельном положении.

Объем и методика инженерно-геологических и геолого-структурных исследований для стадии корректировки проекта действующего или проектирования нового карьера (разреза) определяется организацией, осуществляющей разработку проектной документации.

На данном этапе изучения инженерно-геологические исследования сосредотачиваются на участках, требующих постоянного контроля. Это зоны ослабления различных генетических типов, совпадающих с направлением падения бортов, либо на участках прироста запасов (см. п.3.4). Количество инженерно-геологических скважин зависит от ширины установленных и потенциальных зон ослабления. Изучение проводится для систематического получения информации, разработки и осуществления мероприятий по повышению устойчивости горных пород, безопасного ведения горных работ по ранее недостаточно изученным участкам, горизонтам, блокам.

1. Методика изучения инженерно-геологических условий для обоснования проектных параметров уступов и бортов карьеров (разрезов) в массивах горных пород
   1. Инженерно-геологические особенности определяются на основе анализа кернов геотехнических и геологических скважин и образцов пород, в т.ч. и отобранных на рабочих площадках карьеров (разрезов).

При этом исследование структуры массива скальных горных пород (как рудного тела, так и вмещающих пород) выполняется на основе отбора как ориентированного керна (при выходе керна не менее 80%), так и применения акустических и фото/видеометрических ориентирных установок, позволяющих изучать массив внутри по стенкам скважин или результатов геолого-структурной съемки, а также съемки трещиноватости на вновь образованных обнажениях.

* 1. Для обоснования проектных параметров уступов и бортов карьеров (разрезов) необходимо изучение основных инженерно-геологических комплексов, их слагающих:
* рыхлые несвязанные (пески, гравий, галечники и др.) и мягкие связные (глины, супеси, суглинки и др.) породы, встречающиеся в различных сочетаниях между собой;
* породы зоны дезинтеграции – полускальные породы, представляющие собой первичные осадочные (песчаники, алевролиты на глинистом цементе, аргиллиты и др.) или метаморфические разности (тальковые, талько-хлоритовые и др.) с сопротивлением сжатию до 50 МПа, а также выветрелые и сильнотрещиноватые скальные породы, имеющие пониженные показатели физико-механических свойств;
* скальные породы с сопротивлением сжатию более 50 МПа.
  1. По мере постановки уступов на предельный контур, а также при приближении к нему на расстояние 50-100 м, осуществляется геолого-структурная съемка массива скальных горных пород с детальным описанием свершившихся и потенциальных деформаций. При обнаружении критических деформаций выполняется оценка условий, при которых они произошли с составлением соответствующих паспортов. Структура и состав паспортов разрабатывается и утверждается техническим руководителем эксплуатирующей организации. Азимутально-угловые характеристики разрывных нарушений, обусловивших формирование деформаций уступов и их групп, вносятся в базу данных и используются для обратных расчетов потенциальных призм обрушения (Приложение 4, 5).
  2. Геолого-структурные исследования должны основываться на следующих базовых принципах:
* комплексность натурных исследований, ориентированных на получение разносторонней информации, необходимой для обеспечения всех видов горных работ на карьере (разрезе);
* максимальная безопасность проведения натурных исследований в карьере (разрезе) за счёт применения дистанционных методов фиксации информации;
* минимизация затрат труда и времени на исследования, достигаемая применением фотогеологической документации уступов и бортов карьеров (разрезов);
* полнота и достоверность первичной и синтезированной информации;
* компьютерная обработка исходной информации с реализацией процедур моделирования и получения необходимых картографических документов, таблиц, графиков и диаграмм;
* минимизация затрат времени на компьютерную обработку информации, достигаемая применением для этого специализированных программных продуктов.
  1. В ходе комплексного 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.

Прогноз структурного строения массива на глубину 1- 2 горизонтов осуществляется по результатам изучения 3 вышележащих уступов.

* 1. Геолого-структурное картирование основывается на помаршрутной съемке состояния массива бортов карьера, разреза. Для повышения точности пространственной привязки структурных элементов, геологических границ допускается построение фотопанорам участков бортов и уступов с применением аэрофотосъемки (беспилотными летательными аппаратами) или лазерных сканирующих систем.

При необходимости фотопанорамы участков бортов и уступов переводятся в текстурированную трехмерную цифровую модель карьера. Координатная привязка замеров с применением ортофотопанорам выполняется с точностью в пределах 1-1,5м. Построение текстурированных трехмерных цифровых моделей выполняется с применением соответствующего программного обеспечения.

* 1. При поинтервальном описании откосов указываются:
* литологический (минерально-петрографический) тип породы, её структурно-текстурные особенности, мощность единичного слоя в пачках переслаивания;
* тип зафиксированных складок по положению осевой поверхности (прямая, наклонная, опрокинутая и т.п.), по форме и расположению крыльев (нормальная, изоклинальная, коробчатая и т.п.), размах крыльев; особо выделяют и описывают пакеты мелких складок и участки проявления плойчатости пород, осложняющие более крупные складки (на осадочных месторождениях);
* мощность и строение зоны разрывного нарушения, характер его контактов с вмещающими породами, особенности геометрии плоскости сместителя и скульптуры её поверхности, наличие или отсутствие на ней следов скольжения, интенсивность их проявления, характер изменения блочности пород с удалением от его контактов, минеральный состав заполнителя;
* степень и характер гипергенных изменений пород, мощность и строение линейных зон коры выветривания, физико-механические свойства пород, слагающих такие зоны;
* участки изменения блочности в пределах интервала документации, размеры блоков;
* системы трещин и разрывные нарушения, их частота и размер элементарного структурного блока;
* участки видимых деформаций.

Документация ведется в соответствующем журнале.

* 1. Определение азимутально-угловых характеристик структурных элементов (массовые замеры трещиноватости) осуществляется с помощью горного, солнечного или гироскопического (в случае если скальный массив обладает магнитными свойствами) компаса.
  2. Допускается определение азимута и угла падения структурных элементов на основе обработки результатов дистанционной съемки массива (фотограмметрические методы, сканирование лазерными сканерами, беспилотными летательными аппаратами и т.д.). Достоверность определения азимутально-угловых характеристик разрывных нарушений и контактов пород, полученных на основе алгоритмов обработки облака точек, характеризующих эти нарушения, должна быть подтверждена натурными замерами. Допустимые расхождения не должны превышать 5°.
  3. Результаты массовых замеров проводятся на основе их статистической обработки с построением круговых ориентирных диаграмм трещиноватости, отражающих преобладающие системы трещин. Построение диаграмм трещиноватости может выполняться в специализированных программных пакетах.
  4. По результатам геолого-структурного картирования составляется сводный геолого-структурный план и/или объемная цифровая модель, на которых отражаются границы зоны гипергенной дезинтеграции, трассы структурных элементов и элементы их залегания, геологические границы, при наличии - границы свершившейся деформации уступов и их групп.
  5. Оценка распространения структурных элементов на ниже- и вышележащие горизонты выполняется на основе трассирования следов их пересечения с поверхностью карьера, которое реализуется в том числе с применением специализированного программного обеспечения.
  6. При геолого-структурном картировании эксплуатируемых месторождений необходимо выполнять ранжирование трещиноватости, а также районирование массива горных пород по степени трещиноватости (блочности) в соответствии с табл. 2.1 и 2.2. Для более детального районирования допускается вводить промежуточные категории (например, 2а-2б).

**Таблица 2.1** – 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 IXранга – внутри пластов, слоев, породных блоков | Менее 1 мм | Менее 1 м | - |

**Таблица 2.2** – 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. Бурение инженерно-геологических скважин, документация керна и отбор проб
   1. Программа бурения инженерно-геологических скважин определяется целями исследований и должна учитывать возможность получения максимального количества потенциальной информации. Программа изысканий разрабатывается Недропользователем с обязательным привлечением проектных (изыскательских) и научных организаций и должна содержать следующие позиции:

* виды и методы инженерно-геологического изучения, которые должны соответствовать целям и стадии исследований;
* объем бурения и назначение каждой скважины;
* виды исследований в стволе скважины (геофизические, видео- фотометрические и др.);
* способ ориентирования керна (в случае если выполняется бурение с отбором ориентированного керна), а также методы определения искривления ствола скважины (инклинометрия);
* методику документирования керна, которая в обязательном порядке должна включать его фотографирование;
* количество и участки отбора образцов для физико-механических испытаний;
* состав гидрогеологических исследований;
* план и геологический разрез с визуализацией ствола скважин и предполагаемых границ пересечения разрывных нарушений, геологических контактов, которые должны быть переданы буровой бригаде и специалисту, осуществляющему документацию керна, до начала буровых работ;
* мероприятия по контролю качества бурения, повышению выхода керна и его документации.
  1. Для целей инженерно-геологического изучения массива предпочтительно применение буровой колонны HQ (диаметр керна не менее 63,5 мм).
  2. Для минимизации процесса разрушения керна при бурении и извлечении, его потерь в неустойчивых или сильнотрещиноватых породах предпочтительно использовать тройные колонковые трубы с разъемной внутренней трубой HQ-3 (диаметр керна не менее 61,1 мм). В массивных породах не склонных к разрушению во время бурения могут быть использованы стандартные двойные колонковые трубы. При сложных условиях бурения на глубине допускается использовать типоразмер NQ\NQ-3 (диаметр керна не менее 47,6\45,0 мм). Решение о применении данного типоразмера принимает ответственное лицо специализированной организации, выполняющей изыскания
  3. Способ проходки скважин, углы их заложения определяется особенностями геологического строения месторождений и должны быть отражены в программе работ. Ориентировать скважины необходимо либо в сторону потенциального крупного разрывного нарушения (устанавливается предварительно по материалам детальной разведки) либо литологического контакта.
  4. Бурение инженерно-геологических скважин проводится с целью определения позиции разрывных нарушений, их ориентировки (при отборе ориентированного керна), границ литологических контактов, оценке изменения физико-механических свойств на контактах разрывных нарушений и типов пород, оценке гидрогеологических условий.
  5. Режим бурения инженерно-геологических скважин должен обеспечивать максимально возможную сохранность естественной влажности (для полускальных, дисперсных и мерзлых пород) и структуры образцов. Для предотвращения набухания и размыва керна (в слабых глинистых породах) необходимо применять глинистый или полимерный раствор, подбираемый экспериментально.
  6. Для определения ориентировки керна (при бурении с его отбором) применяются методы физической и цифровой маркировки.
  7. Альтернативным (дополнительным) методом сбора данных по ориентировке структур при бурении скважины является съемка стенок скважины с помощью специальных устройств. Такие устройства имеют как оптический, так и акустический способ съемки. Акустические и фото\видеометрические исследования стенок скважин могут быть применены для непосредственного визуального инженерно-геологического изучения внутрипородного массива: определения зон дробления, интенсивности трещиноватости, блочности, глубины залегания петрографических контактов и структурных элементов, их азимутально-угловых характеристик.
  8. Формирование дел скважин включает следующий перечень документов:
* паспорт скважины;
* акт о заложении скважины;
* акты о проведении контрольных замеров;
* акт инклинометрии;
* распечатка замера инклинометрии;
* геолого-технический наряд с проектными и фактическими данными;
* буровой журнал, заполняемый на каждую отдельную скважину;
* журнал документации скважины;
* уровень подземных вод на момент закрытия скважины.
  1. Во избежание появления трещин не природного происхождения (трещины, образовавшиеся при извлечении и укладке керна, его транспортировке) предпочтительным является гидравлический способ (под напором воды) извлечения керна.
  2. При документации керна необходимо разделять естественные трещины от механических на основе наиболее характерных их признаков. Наиболее характерными признаками механического нарушения являются: свежая поверхность трещины (скола), без следов заполнителя и отсутствия окраски (и/или налета) ее плоскости, неровная поверхность, куски хорошо стыкуются друг с другом, не имеют следов смещения, близкий к 90° угол к оси керна, механические следы повреждения.
  3. При документации керна особое внимание должно быть уделено описанию зон ослабления различного генезиса (тектонические, метасоматические проработки). При этом если зона дробления обусловлена нарушениями технологии бурения, т.е. носит не природный характер, она должна быть исключена из статистической обработки (определение среднего размера блока, частоты трещиноватости и т.д.).
  4. Документация керна скважин выполняется в специальном журнале, заводимом для каждой инженерно-геологической скважины (табл. 2.3). В журнале фиксируются генетический тип и вещественный состав пород, их структура, текстура (слоистость, сланцеватость), характер и интенсивность вторичных изменений, зоны смятия, дробления, а также дискование керна пород с указанием мощности интервала и толщины пластин. При необходимости перечень фиксируемых параметров может быть дополнен по решению геологической службы Недропользователя или организации, осуществляющей инженерно-геологическое бурение.

**Таблица 2.3** – Журнал 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 |

* 1. Документация керна ведется по интервалам, величина которых определяется степенью неоднородности структурно-тектонических и литологических (петрографических) особенностей. При этом не следует существенно уменьшать (менее 10 см) или увеличивать эти интервалы (более 3,0м).
  2. 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 в количестве, определяемом Приложением 8.
  3. Отбор проб в связных и слабосвязных породах выполняется с помощью грунтоносов (исключение – образцы, отбираемые для определения естественной влажности и пластичности). Отбор плотных глинистых пород может быть выполнен из керна скважин большого диаметра (более 100мм).
  4. Отобранные образцы рыхлых пород сразу после подъема из скважины должны быть герметически изолированы (два-три слоя марли), пропитаны парафином. Образцы скальных горных пород отбираются и транспортируются без парафинирования.
  5. При организации инженерно-геологических изысканий путем документирования естественных обнажений должны быть выполнены пункты 2.5-2.7 данного Приложения.
  6. При организации инженерно-геологических изысканий путем документирования подземных горных выработок, программа работ должна включать:
* объем документирования;
* виды документирования (линейное, площадное, фотограмметрическое);
* методику документирования выработок, которая в обязательном порядке должна включать фотографирование стенок;
* количество и участки отбора образцов (штуфов) для физико-механических испытаний.

Документация выработок выполняется в специальном журнале, в котором фиксируются генетический тип и вещественный состав пород, их структура, текстура (слоистость, сланцеватость), характер и интенсивность вторичных изменений, зоны смятия, дробления

1. Применение геофизических и фотовидеометрических методов при инженерно-геологических исследованиях
   1. Объем, виды и методы геофизических исследований определяются конкретными условиями, поставленными задачами и должны быть отражены в соответствующей Программе инженерно-геологического изучения (доизучения) месторождения.
   2. Результаты геофизических исследований, выполненных в инженерно-геологических скважинах, должны быть сопоставлены с инженерно-геологическими показателями, полученными при документации их керна.
   3. Изменчивость состояния и физико-механические свойства массива пород могут быть приближенно оценены на основе методов кажущихся сопротивлений и кавернометрии. По результатам кавернометрии скважин может быть определено положение зон ослабления.
   4. При низких значениях электрического сопротивления пород (близких к сопротивлению бурового раствора) методы электроразведки не применяются. Предварительная оценка плотности пород может быть выполнена в процессе гамма-каротажа скважин.
   5. Показатели физико-механических свойств массивов скальных и полускальных горных пород, полученные по результатам лабораторных испытаний, могут быть распространены на однородные массивы (участки), установленные на основании результатов геофизических изысканий.
   6. При комплексном применении различных геофизических методов должны быть учтены их особенности: скорость, глубинность, точность, способность выделять те или иные слои, однозначность интерпретации результатов.
   7. Фото\видеометрические исследования стенок скважин могут быть применены для непосредственного визуального инженерно-геологического изучения внутрипородного массива: определения зон дробления, интенсивности трещиноватости, блочности, глубины залегания петрографических контактов и структурных элементов, их азимутально-угловых характеристик.
   8. В случае, если Программой изучения предусмотрены фото\видеометрические исследования, бурение инженерно-геологических скважин должно проводиться только с использованием специальных промывочных жидкостей, препятствующих загрязнению стенок скважин, или воды.
   9. Определение азимутально-угловых характеристик геолого-структурных элементов по данным фото\видеометрических исследований допустимо при условии отсутствия отклонений объектива фото-видеокамеры от базовой оси направления съемки.
   10. В случае, если Программой изучения предусмотрены акустическое сканирование стенок скважин, то скважина должна быть заполнена водой.
   11. Достоверность определения азимутально-угловых характеристик структурных элементов по данным фото\видеометрических и акустических исследований стенок скважин должна быть подтверждена удовлетворительной сходимостью с характерной ориентирной круговой диаграммой трещиноватости, построенной по участку их расположения, или непосредственными натурными измерениями выделяемых систем трещин на поверхности откоса. Допустимые расхождения от полюсов систем трещин не более 15°. При превышении допустимых расхождений должен быть произведен анализ причин их появления.
   12. Фото\видеометрические и акустические исследования сопровождаются ведением полевого журнала, в котором записываются дата проведения работ, номер скважины, ее азимут и угол наклона, азимут снаряда и оптической оси боковой камеры, фиксируются интервалы глубин, глубина и время съемки структурного объекта, его характеристика.
2. Методы оценки напряженно-деформированного состояния массива скальных горных пород
   1. Напряженно-деформированное состояние массива учитывается только при проектировании карьеров (разрезов) глубиной более 150 м, борта которых сложены крепкими скальными породами (прочность в куске более 40 МПа).
   2. Оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) массива скальных пород проводится по решению организации, осуществляющей проектирование открытой геотехнологии месторождения, как правило, в районах с предполагаемыми высокими горизонтальными напряжениями.
   3. Напряженное состояние массива определяется только на основании инструментальных измерений конвергенции бортов при углубке карьера. При том наблюдательные репера должны быть расположены, как минимум, на трех горизонтах карьера (разреза).
   4. Для уже действующих карьеров ориентировка и соотношение главных нормальных горизонтальных напряжений могут быть оценены исходя из истории смещений пунктов триангуляционной сети по мере углубки карьера. Соотношение вертикальных и горизонтальных напряжений при этом оценить нельзя.
3. **Районирование месторождения по инженерно-геологическим характеристикам**
   1. На основе данных инженерно-геологических изысканий для каждого месторождения необходимо провести районирование по инженерно-геологическим характеристикам.
   2. Районирование учитывает изменение инженерно-геологических характеристик как в плане, так и по глубине.
   3. Районирование проводится путем выделения на плане, разрезе и/или в трехмерном пространстве областей (доменов), в границах которых массив горных пород обладает одинаковыми инженерно-геологическими характеристиками.
   4. Каждый выделенный участок (домен) характеризуется:

* название (порядковый или отличительный номер);
* границы участков, выраженные либо линией (на плане и разрезе), либо поверхностями (в трехмерном пространстве);
* инженерно-геологические характеристики, которые применяются ко всем областям выделенного участка;
* статистическая оценка изменчивости приведенных характеристик на каждом выделенном участке.
  1. Различают 2 основных вида районирования по инженерно-геологическим характеристикам:
* структурный – выделение участков по их однородным структурным характеристикам – наличию и количеству трещин каждой из основных систем: от крупных трещин V ранга до локальных трещин IX ранга (см. табл. 2.1) и ориентировки каждой из основных систем трещин;
* геомеханический – выделение однородных участков по геомеханическим характеристикам – петрографический состав, физико-механические свойства, интенсивность трещиноватости.
  1. Для месторождений, сложенных скальными и полускальными породами (группыIи II), обязательными являются структурное и геомеханическое районирование. Для месторождений, сложенных дисперсными породами (группыIIIи IV), обязательным является геомеханическое районирование.
  2. Структурное районирование
     1. При проведении структурного районирования необходимо определить границы геолого-структурных участков, различающихся структурой массива. Границами таких геолого-структурных участков могут быть тектонические разломы, оси складок, контакты литологических разностей.
     2. Основой для разделения на геолого-структурные участки являются количество и направление основных систем трещин.
     3. Каждый геолого-структурный участок характеризуется:
* количеством систем трещин;
* средним углом падения и азимутом падения каждой из систем трещин со статистической оценкой разброса этих параметров;
* средние, минимальные и максимальные расстояния между трещинами в каждой из систем трещин со статистической оценкой разброса этого параметра;
* средние, минимальные и максимальные длины трещин в каждой из систем трещин;
* сдвиговые характеристики трещин в выделенных системах.
  + 1. На стадии предварительной и детальной разведки месторождения допускается оценка длин трещин косвенными методами (по аналогичным месторождениям, справочной информации). На стадии эксплуатации длины трещин должны быть уточнены в ходе ведений картирования откосов уступов.
    2. На стадии предварительной и детальной разведки месторождения для определения прочностных свойств трещин используются лабораторные испытания по определению прочности трещин на сдвиг. На стадии эксплуатации, при наличии деформаций на уступах необходимо заверить имеющиеся данные по прочностным свойствам трещин обратными расчетами.
  1. Геомеханическое районирование
     1. При проведении геомеханического районирования необходимо определить границы геомеханических участков с однородной характеризацией массива горных пород внутри них. Границами таких геомеханических участков могут быть как контакты литологических разностей, так и границы перехода различных степеней вторичных изменений, степеней нарушенности (рейтинговых категорий) в зависимости их характера и строения месторождения.
     2. Основой для разделения на геомеханические участки является петрографические разности, прочность пород на одноосное сжатие и нарушенность массива горных пород (рейтинговая категория).
     3. В каждом геомеханическом участке должны быть определены параметры в соответствии с классификацией по прочностным свойствам:
* для скальных пород (группа I): плотность, прочностные и деформационные свойства пород, прочностные свойства контактов (трещин), нарушенность массива горных пород (рейтинговая категория) и их статистическая изменчивость этих параметров (среднее, минимальное, максимальное значения, коэффициент вариации, стандартное отклонение);
* для полускальных пород (группа II):плотность, естественная влажность, пористость, прочностные и деформационные свойства пород, прочностные свойства контактов (трещин), нарушенность массива горных пород (рейтинговая категория) и их статистическая изменчивость этих параметров (среднее, минимальное, максимальное значения, коэффициент вариации, стандартное отклонение);
* для дисперсных пород (группа IIIи IV): плотность, пористость, естественная влажность, набухаемость, просадочность, число пластичности и показатель консистенции (для связных пород), сцепление, угол внутреннего трения ) и их статистическая изменчивость этих параметров (среднее, минимальное, максимальное значения, коэффициент вариации, стандартное отклонение), гранулометрический состав (для обломочных пород).