

Руководство по геомеханическому документированию керна

Отчет подготовлен:



FILE REF: Geotech Logging Manual.docx

ИЮНЬ 2009



SRK Version 06/01

Руководство по геомеханическому документированию керна

SRK Consulting (UK) Ltd
5th floor Churchill House
17 Churchill Way
Cardiff, UK
CF10 2HH

Tel : +44 29 20 34 81 50
Fax : +44 29 20 34 81 99
cardiff@srk.co.uk
www.srk.co.uk

FILE REF: E:\02-Geotech Technical\Geotech\Core Logging Manual\Geotech LoggingManual.docx

ИЮНЬ 2009

Авторы:
Нил Маршалл – Главный инженер-геолог
Филип Мор – Старший инженер-геолог

Содержание

СОДЕРЖАНИЕ	I
ЗАПИСЬ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТЧЕТА SRK CONSULTING (UK) LTD СПИСОК РИСУНКОВ	II
СПИСОК РИСУНКОВ	III
СПИСОК ТАБЛИЦ	III
1 ВВЕДЕНИЕ	4
2.1 Обязанности контролирующего геолога	5
2.2 Организация документирования	5
2.3 Техника геомеханического бурения	6
2.4 Геомеханическая информация, получаемая в ходе бурения	6
2.5 Обращение с керном	7
2.6 Промывка керна	8
3.1 Системы классификации	9
3.2 Модифицированная система классификации массивов горных пород	11
4 ПРОЦЕДУРЫ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ КЕРНА	13
4.1 Маркировка керна	13
4.2 Намечаем интервалы при документировании керна (геомеханические зоны)	17
4.3 Литология	18
4.4 Выветривание	18
4.5 Определяем общий выход керна (TCR – Ти-Си-Ар)	18
4.6 Определяем извлечение сплошного (цельного) керна (SCR – Эс-Си-Ар)	19
4.7 Определяем показатель качества пород (RQD – Ар-Ку-Ди)	19
4.8 Подсчет открытых трещин	22
4.9 Зоны дробления	23
4.10 Микрошероховатость	25
4.11 Тип заполнения	28
4.12 Мощность заполнения	30
4.13 Изменение стенок трещины	30
4.14 Прочность ненарушенной породы (IRS – Ай-Ар-Эс)	30
4.15 Комментарии	32
4.16 Данные по уровню вод	33
4.17 Фотографирование керна	33
4.17.1 Подход	33
4.17.2 Обозначение файла изображения	34
4.17.3 Управление базой данных фотографий керна	34
4.18 Управление базой данных геомеханического документирования	34
5.1. Выбор подходящей системы ориентирования керна	36
5.2 . Измерение ориентации трещин	37
5.3 Структурное документирование ориентированных скважин	40
5.4 Процедура обеспечения и контроля (QAQC) для оценки достоверности линии ориентирования	40
6 ОТБОР ПРОБ КЕРНА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	41
6.2 Образцы для определения предела прочности при одноосном сжатии	41
6.3 Образцы для определения предела прочности на сдвиг (срез)	41
6.4 Образцы для испытания на разрыв	42

6.5	Образцы для испытания по методу соосных пуассонов (на прочность под точечной нагрузкой)	42
6.6	Образцы для определения предела прочности при объемной нагрузке	42
ЗАПИСЬ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТЧЕТА SRK CONSULTING (UK) LTD		44
ЗАПОЛНИТЕ ДАННУЮ ФОРМУ И ПРИЛОЖИТЕ К ПОСЛЕДНЕЙ СТРАНИЦЕ КАЖДОЙ КОПИИ ОТЧЕТА.		44
ЗАПИСЬ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТЧЕТА SRK CONSULTING (UK) LTD		

Список рисунков

Рисунок 2-1: Рабочее место (стол) для геомеханического документирования керна на месте проведения буровых работ	6
Рисунок 3-1: Основные компоненты схемы классификации массивов горных пород	9
Рисунок 4-1: Трещинообразование, вызванное процессом бурения.	
Рисунок 4-2: Сильное повреждение керна	15
Рисунок 4-3: Примеры механических трещин, вызванных процессом бурения	16
Рисунок 4-4: Примеры отдельных интервалов документирования (A, B, C и D – показаны желтым цветом) для детального геомеханического описания	17
Рисунок 4-5: Процедура расчета параметра RQD	20
Рисунок 4-6: Правильный метод определения длины керна для расчета RQD	20
Рисунок 4-7: Рассмотрение открытых трещин, ориентированных параллельно оси керна	22
Рисунок 4-8: Пример определения параметра RQD	22
Рисунок 4-9: Как интерпретировать зоны дробления	23
Рисунок 4-10: Диаграмма сравнения профилей микрошероховатости в оригинальном размере (10 см)	26
Рисунок 4-11: Примеры микрошероховатости	28
Рисунок 4-12: Амплитуда трещины в сопоставлении с мощностью материала заполнения	29
Рисунок 4-13: Карманный пенетратор (слева) и молоток Шмидта (справа) для испытания пород на прочность	31
Рисунок 4-14: Управление изображениями керна	34
Рисунок 5-1: Измерение Альфа и Бета углов трещины	38

Список таблиц

Таблица 4-1: Описание состояния (степени) выветрелости породы	18
Таблица 4-2: Микрошероховатость	25
Таблица 4-3: Типы минерального заполнения	29
Таблица 4-4: Коды прочности стенок трещины	30
Таблица 4-5: Оценка прочности породы при наглядном (описательном) подходе	32
Таблица 4-6: Оценка прочности почв при наглядном (описательном) подходе	32
Таблица 5-1: Сравнение систем ориентирования керна	36

Our ref: E:\02-Geotech Technical\Geotech\Core Документирования Manual\Geotech Документирования Manual.docx

Июнь 2009

РУКОВОДСТВО ПО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОМУ ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ

1 ВВЕДЕНИЕ

Данное Руководство содержит следующую информацию:

Процедуры на месте ведения буровых работ

Инструкции для инженер-геолога и буровика по обеспечению получения максимума геомеханической информации на основании буровых работ. Также определяет элементы документирования, которые в идеале должны осуществляться прямо на буровой.

Обзор систем классификации массивов горных пород

Включает общее рассмотрение физических параметров массивов горных пород, которые определяют их инженерные (геомеханические) свойства, и различные системы классификации массивов горных пород, разработанные для анализа керновых данных.

Подробное описание процедур документирования

Включает детализированное описание процедур документирования, необходимых для сбора параметрических данных для классификации массивов горных пород с максимально возможной достоверностью.

Структурное документирование ориентированного керна

Подробно описывает методы и процедуру сбора данных по ориентированному керну, которые затем могут быть использованы в качестве входных данных в системе DIPS (Digital Imagery Processing System – Система обработки оцифрованных изображений) для оценки кинематической устойчивости отколов.

Отбор керна для лабораторного исследования

Определяет требования к размеру проб керна для различных испытаний на механическую прочность.

2 Процедуры на месте ведения буровых работ

2.1 Обязанности контролирующего геолога

Основная цель на стадии геомеханического бурения – извлечение керна в насколько возможном оптимальном состоянии для проведения оценки качества и инженерных (геомеханических) свойств массивов горных пород на месте залегания.

Роль контролирующего геолога (геолога-контролера) крайне важна для достижения этой цели. Она не сводится лишь к документированию извлеченного керна, но охватывает весь процесс получения керна из земных недр. Таким образом, геолог-контролер должен участвовать в процессе бурения так же, как и в документировании керна. Это предполагает необходимость постоянного присутствия геолога или инженер-геолога на буровой для надзора за бурением, во взаимодействии с буровиком и представителем буровой компании, и для прямого контроля обращения с керном от керноотборника (бура) до ящика с керном.

2.2 Организация документирования

На месте проведения буровых работ должен быть оборудован стол для документирования. В идеале, стол для документирования должен состоять из ряда стальных уголков, установленных на подставках (рамные подставки типа «козлов»), как показано на Рисунке 2-1. Уголки должны быть длиной не менее 4 м и с полками 4-5 см. Вполне подходят легкодоступные стальные уголки, применяемые в строительстве. Подставки должны быть вертикальны, чтобы уголки были устойчивы, не будучи прикрепленными к подставкам «намертво». Это обеспечит портативность конструкции и возможность легкого перемещения с места на место.

Желательно иметь такое количество уголков, чтобы можно было выложить полностью весь керн, добытый в ночную смену, так чтобы он был подготовлен для документирования полевым контролирующим инженер-геологом, заступающим в утреннюю смену. При длине рейса (керна) 3 м, керн должен быть установлен в прямоугольных стальных уголках длиной не менее 4 м; при длине рейса 1,5 м – длина уголков должна быть не менее 2,5 м. Таким образом, SRK полагает достаточным иметь 12 прямоугольных стальных уголков длиной 4 м на один буровой станок.

Как правило, для работы этого полевого геологического технического специалиста (выполнения полевых исследований керна) необходимо пространство размером не менее 4 x 6 м рядом с буровой.

Такая организация места работ обеспечивает достаточное пространство для хранения по меньшей мере 5 рейсов керна длиной 3 и каждый, что в среднем примерно соответствует длине проходки скважины в смену.

Рисунок 1-1: Рабочее место (стол) для геомеханического документирования керна на месте проведения буровых работ



2.3 Техника геомеханического бурения

При работе бурильщики должны отдавать предпочтение не скорости бурения или количеству кернового материала, а его качеству.

Для геомеханических целей предпочтительно производить бурение большего диаметра. Для геомеханических (инженерно-геологических) описаний и измерений, следует применять колонки NQ (диаметр 76 мм), а лучше HQ (диаметр 96 мм, диаметр керна 63,5 мм), поскольку бурение меньшими диаметрами может способствовать образованию большого количества дополнительных трещин, что осложняет задачу их корректной интерпретации и документирования.

Одним из основных источников ошибок при геомеханическом документировании керна является образование трещины в керне при удалении керна из керноотборника и его перемещении в керновый ящик. Поэтому по возможности керн из керноотборника следует извлекать гидравлическим способом (под напором воды), а не выбивать его молотком.

2.4 Геомеханическая информация, получаемая в ходе бурения

Большой объем ценной геомеханической информации может быть получен в процесса самого бурения. Буровая документация по условиям проходки, составляемая бурильщиками, должна пополняться каждый день и предоставляться инженер-геологу для тщательного изучения.

Эта буровая документация должна включать следующее:

- Номер скважины и сведения о ее местоположении.
- Глубина скважины на начало и конец смены.
- Подробности бурового рейса:
 - *Глубины*: проверяется инженер-геологом.
 - *Извлечение*: проверяется инженер-геологом.
- Обсадные трубы: глубина и размер.
- Возврат промывочной жидкости.
- Условия бурения.
- Скорости бурения.
- Фильтрация (водоотдача):
 - *Глубина*.
 - *Количество*
 - *Цветовые изменения*.
- Трещины и полости – когда буровой снаряд резко проваливается и т. д.
- Уровни воды в скважине на начало и конец каждой смены и остаточный уровень воды по завершению проходки скважины.

2.5 Обращение с керном

Качество данных геомеханического документирования в значительной степени зависит от обращения с керном. Необходимо сделать все возможное для обеспечения бережного обращения с керном чтобы свести к минимуму его повреждения при работе с ним. Керноотборник следует держать горизонтально, а керн извлекать в керновый ящик под напором непрерывно подаваемой воды. Выбивание керна молотком допустимо лишь при крайней необходимости. При извлечении керна из керноотборника и помещении его в керновый ящик, особое внимание следует уделить обеспечению правильной последовательности и ориентации («верх-низ») проб керна в ящике. Если не удалось извлечь керн, следует оставить пустой прогон в лотке длиной равной длине неизвлеченного керна.

В идеальном случае следует предоставить инженер-геологу возможность беспрепятственного первичного документирования керна. То есть инженер-геолог ориентирует керн, маркирует все открытые и естественные трещины, определяет выход керна и RQD (показатель качества (нарушенности) пород), а уже после этого разрежает бурильщикам поместить керн в керновый ящик. Это позволит легко отличить все дальнейшие повреждения керна, полученные при его перемещении из разъемного керноотборника в керновый ящик от открытых и естественных трещин, которые были видны уже в керноотборнике и сразу отмечены (промаркированы)..

Следует проинструктировать бурильщиков, чтобы они отмечали красным маркером все механические трещины, образовавшиеся при ломке керна для размещения его в керновом ящике.

Совершенно очевидна необходимость постоянного присутствия контролирующего инженер-геолога на буровой в ходе всего периода проходки скважины, иначе повреждения керна при обращении с ним в процессе проходки останутся неотмеченными.

2.6 Промывка керна

Для удаления следов бурового раствора керн следует отмыть, но делать это надо очень осторожно, чтобы сохранить целостность керна. Не следует применять распыливающие наконечники высокого давления, поскольку это может вызвать смещение керна и его дальнейшее повреждение. С особой тщательностью следует проследить, чтобы мелкие частицы не были вымыты из слабых и нарушенных зон керна. Блок, указывающий глубину керна, следует поместить в конец кернового рейса.

3 Характеристика массивов горных пород

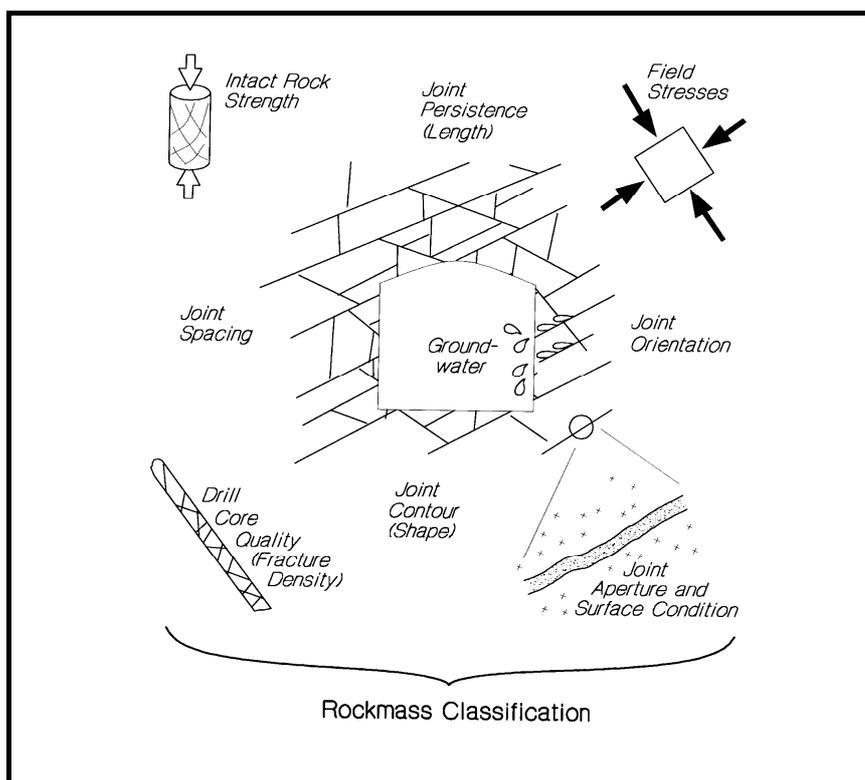
3.1 Системы классификации

Основной целью геомеханического документирования для проектирования карьера или подземного рудника является получение информации, которая может быть использована для определения инженерно-геологических (геомеханических) свойств массивов горных пород. Геомеханические свойства массивов горных пород будут определять поведение и реакцию этих массивов при устройстве откосов карьера, проходке штолен, штреков, очистных камер. Информация, полученная при геомеханическом документировании керна является основополагающей для получения исходных данных для проектирования стенок карьера, определения размеров устойчивых очистных камер и целиков, оценки склонности всяческого бока очистной камеры к самообрушению и проектирования крепи при подготовительных и очистных работах.

Вот почему крайне важно собрать информацию по всем геомеханическим параметрам, которые будут влиять на прочность и поведение массивов горных пород. Эти параметры представлены на Рисунке 3-1 и включают:

- Прочность породы и оценку анизотропии;
- Количество нарушений (открытых швов-трещин, залеченных швов-трещин и трещин/жил);
- «Качество» (степень, силу) нарушений; и
- Ориентацию и геометрию нарушений.

Рисунок 1-2: Основные компоненты схемы классификации массивов горных пород



Intact rock strength – Прочность ненарушенной горной породы

Joint persistence (length) – Протяженность трещин

Field stresses – Поле механических напряжений

Joint spacing – Расстояние между трещинами

Ground water – Подземные воды

Joint orientation – Ориентация трещин

Drill core quality (fracture density) – качество керна (плотность трещин)

Joint contour (shape) – Очертания (форма) трещины

Joint aperture и surface condition – Апертура (зазор) трещины и состояние ее поверхностей

Rock mass classification – Классификация массивов горных пород

В общем случае, оценка представительных геомеханических свойств массивов горных пород является весьма сложной задачей. Да, разработаны методы испытаний для определения прочности, жесткости и других параметров в пробах пород в лабораторных условиях, но значительно сложнее оценить прочность и ожидаемое поведение массивов горных пород на месте залегания. К счастью, геомеханикам удалось разработать эмпирические методы (основанные на опыте применения и полевых примерах) количественной оценки прочности массивов горных пород и, следующим шагом, оценки механических свойств для инженерно-геологического проектирования. Эти методы носят название систем классификации массивов горных пород.

Обычно для геомеханической характеристики массивов горных пород применяют одну из трех международно-принятых систем классификации массивов горных пород:

1. Система классификации массивов горных пород по Bieniawski (Биньявски) (RMR)
2. Модифицированная система классификации массивов горных пород по Laubscher (Лобше) (MRMR)
3. Индекс качества массивов горных пород при проходке выработок (Q) (Ку) по классификации Норвежского института геомеханики.

Каждая из этих систем классификаций имеет свое значение для учёта геомеханических параметров при проектировании карьеров и подземных рудников. В настоящее время система RMR используется при разработке эмпирических критериев прочности массивов горных пород. Система MRMR может быть использована при проектировании подземных рудников, расчете необходимых параметров крепи, а также для оценки углов откосов карьеров. Система Q широко применяется при проектировании подземных рудников и расчете параметров крепи.

Для анализа собранных данных геомеханического документирования керна SRK применяет систему MRMR, поскольку она наиболее универсальна и требует учета максимального числа индивидуальных параметров массивов горных пород. Однажды собранные, эти параметрические данные могут, если потребуется, быть использованы также и в RMR и Q системах классификации.

3.2 Модифицированная система классификации массивов горных пород

Модифицированная система классификации массивов горных пород (MRMR) – это исключительное полезное и мощное средство, позволяющее использовать все важные параметры массивов горных пород при проектировании рудников. to assist with mine design. При разработке открытым способом (карьером), оно применяется на всех этапах, от стадии предварительного проекта до этапа полномасштабной добычи руды. Система картирования и документирования керна, применяемая SRK, разделяет керн на геомеханические интервалы – зоны, массивы пород в которых, как ожидается, будут демонстрировать одинаковое поведение после вскрытия в стенках открытой разработки (карьера).

Устойчивость каждой зоны будет определяться следующими параметрами:

- мощность геомеханической зоны;
- показатель качества пород (RQD);
- количество дефектов матрицы/массива пород, таких как разрывные нарушения (разломы), зоны скалывания (дробления), зоны интенсивной трещиноватости, зоны непрочного (деформируемого) материала (породы);
- количество извлеченного/наблюденного (изученного) цельного (сплошного) керна;
- прочность/крепость ненарушенной горной породы (IRS);
- степень и характер выветривания породы ;
- ориентация трещин (структур) относительно оси керна или истинная ориентация;
- расстояния между видимыми системами трещин и истинные расстояния (Js);
- суммарное количество/плотность/частота трещин (FF);
- состояние трещин: профиль шероховатости, изменение пород стенок и заполнение (Jc); и
- состояние подземных вод.

Затем эти параметры оцениваются в соответствии с системой MRMR и получают свой рейтинг в следующих пределах:

- IRS (прочность ненарушенной горной породы)	0 – 20
- RQD (показатель качества пород)	0 – 15
- Js (расстояния между трещинами)	0 – 25
- FF (частота трещин)	0 – 40
- Jc (состояние шва (трещины))	0 – 40

В зависимости от имеющихся исходных данных, можно использовать либо комбинацию параметров RQD плюс Js, либо FF. Суммарные рейтинги при этом одинаковы. SRK рекомендует рассчитывать оба набора рейтингов и затем усреднять их.

Этот рейтинг массива пород на месте залегания (сумма может превышать 100) затем корректируется (усовершенствуется), чтобы учесть влияние ожидаемых горных работ (деятельности по разведке и добыче), а именно, влияния выветривания, структурной ориентации, вызванных напряжений (в массиве пород) и взрывных работ. Эти поправки (корректировки) в исходный MRMR рейтинг (для ненарушенного массива пород) вводятся с учетом предложенного

типа добычи и поведения массива пород в зависимости от времени. Возможный уровень поправок (в процентах) следующий: на

- Выветривание	30 – 100%
- Ориентацию	63 – 100%
- Вызванные напряжения	60 – 120%
- Взрывные работы	80 – 100%

Хотя и уровень поправок (в процентах) является эмпирическим, сам принцип оказался действенным и, как таковой, заставляет проектировщика принимать в расчет эти важные параметры, полученные из документирования керна. В сущности, эти поправки предусматривают (учитывают) ожидаемое ухудшение состояния массива пород после вскрытия при разработке рудника.

4 ПРОЦЕДУРЫ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ КЕРНА

Геомеханическое документирование керна должно производиться в следующем порядке:

1. Определить извлечение керна и частоту трещин. Промаркировать открытые, естественные трещины и ориентировать керн. Сделать это на месте буровых работ сразу по извлечении керна, чтобы минимизировать риск путаницы естественных трещин и возможных последующих – техногенных повреждений-трещин.
2. Передать керн на место документирования.
3. Сфотографировать керн в сухом состоянии до того как разрезать его!
4. Описание породы.
5. Описание разрывных нарушений (и прочих нарушений однородности), определение ориентации этих нарушений.
6. Оценить предел прочности при сжатии для ненарушенного керна.

4.1 Маркировка керна

В идеале желательно документировать керн максимально возможно быстро, описать его исходное состояние (на месте залегания), прежде чем оно будет изменено под действием таких факторов, как высыхание, релаксация напряжений, от ударов, при перекладывании и т. Сразу после извлечения керна из керноотборника и помещения в v-образный уголок (на документировочный стол), геолог должен осмотреть керн и промаркировать все открытые, явно природные (естественные) трещины.

Если документирование керна начинается только после помещения керна в кернохранилище, тогда необходимо промаркировать как природные (естественные) трещины/разрывы, так и искусственные («техногенные») трещины/разрывы в керне.

Для этих целей разработана следующая система маркировки:

Открытые природные (естественные) трещины – нарисовать линию **ЗЕЛЕНЫМ** маркером поперек трещины.

Искусственные («техногенные») трещины – нарисовать линию **КРАСНЫМ** маркером поперек трещины.

Одна из основ успешного геомеханического документирования – это умение отличить искусственные («техногенные») дефекты (трещины и т. д.) от природных (естественные) дефектов, имевшихся изначально в массиве пород. Примеры искусственных («техногенных») дефектов показаны на фотографиях, приведенных на Рисунках 4-1 и 4-2. Различие между искусственными («техногенными») дефектами и естественными трещинами подчас трудно определить, и даже опытный документировщик может перепутать их. Вот почему так важно промаркировать как все открытые природные (естественные) трещины, так и явно искусственные («техногенные») дефекты, чтобы свести возможность путаницы к минимуму.

Общее правило здесь такое: если есть сомнения, считаем трещину (дефект) природной.

Дресву (обломки пород), обломки перебуривания, осыпь (пород со стенок скважины в результате обрушения или расширения скважины) и прочие фрагменты в верхней части поднятого керна (которые не находились изначально на месте залегания пород керна) не следует относить к керну как таковому или крупномасштабным структурам; они должны быть отбракованы или явно помечены во избежание последующей ошибочной классификации.

Рисунок 4-1: Трещинообразование, вызванное процессом бурения



Рисунок 4-2: Сильное повреждение керна



Примеры искусственных дефектов, полученных в процессе извлечения керна показаны на Рисунке 4-1. Обломочный материал в начале интервала бурения (образовавшийся в результате перебуривания) легко ошибочно интерпретировать как зону разлома или дробления (скалывания). Сильное повреждение керна в процессе бурения, показанное на Рисунке 4-2 не следует принимать за природный дефект. Такие дефекты не были бы отмечены бурильщиками, поскольку они (дефекты) не образовались при обращении с керном.

Признаками природной открытой трещины может быть следующее:

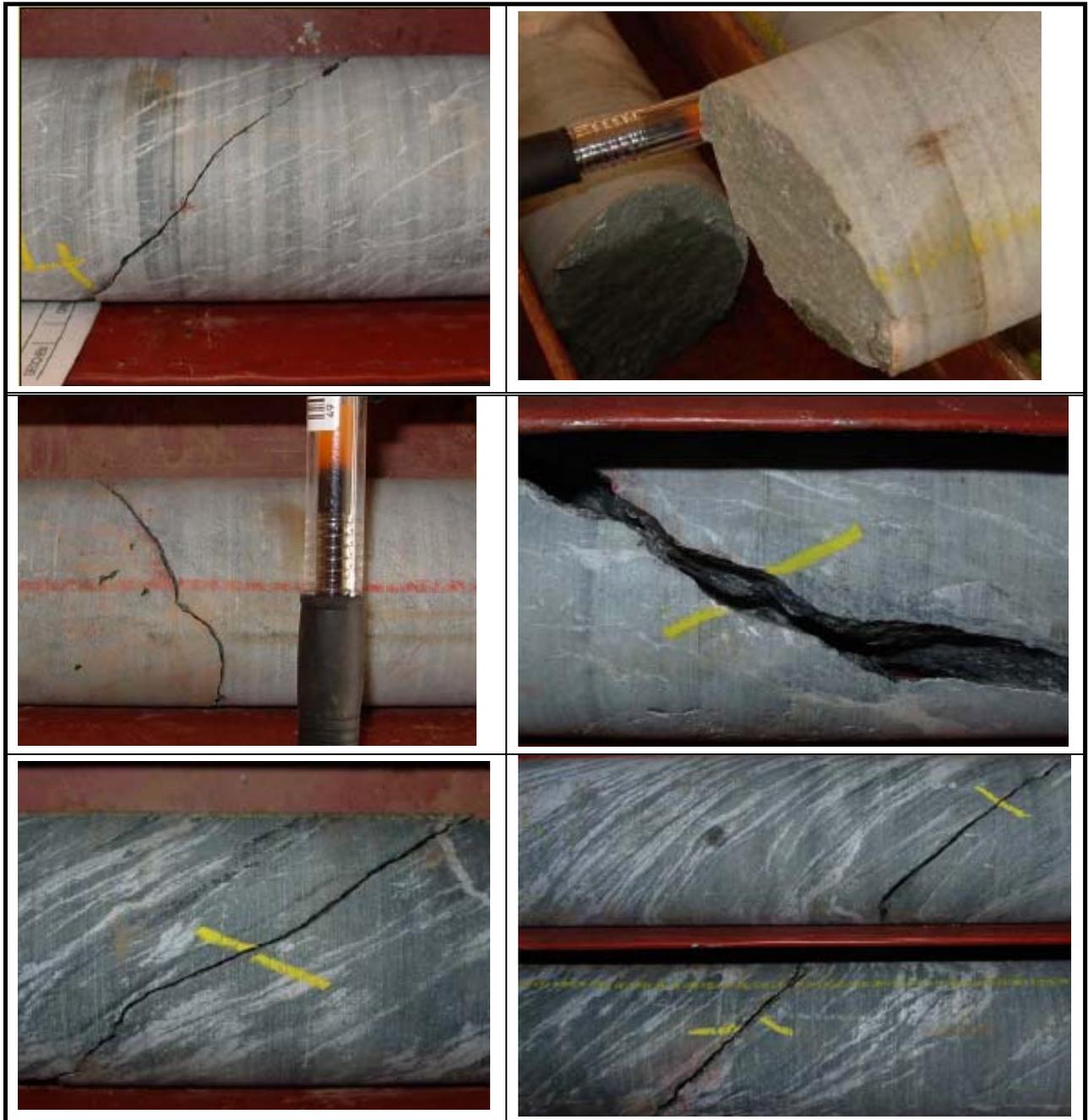
- Окрашивание (возможно пятнистое) стенок трещины.
- Выветривание поверхности шва (мягкий, разрушенный материал на поверхности, пятна оксидов железа (ржавчины)).
- Сглаженность разрыва (гладкий/волнистый контакт, плохое совпадение соседних кусков – свидетельство смещения).
- Повторяющиеся элементы в керне (другие похожие, субпараллельные трещины).

Среди признаков искусственного повреждения:

- Большой угол к оси керна (>80 градусов).
- Свежесть разрыва (отсутствие окрашивания или заполнения).
- Резкий, неровный разрыв (угловатый контакт, со смежными частями/осколками (без смещения)).
- Свидетельства повреждения при бурении (например, скрученный керн, дробление/истирание концов керна, неправильная форма кусков керна – не цилиндрическая, а скорее овальная).

На Рисунке 4-3 показаны примеры искусственных нарушений (разрывов, трещин) керна.

Рисунок 4-3: Примеры механических трещин, вызванных процессом бурения



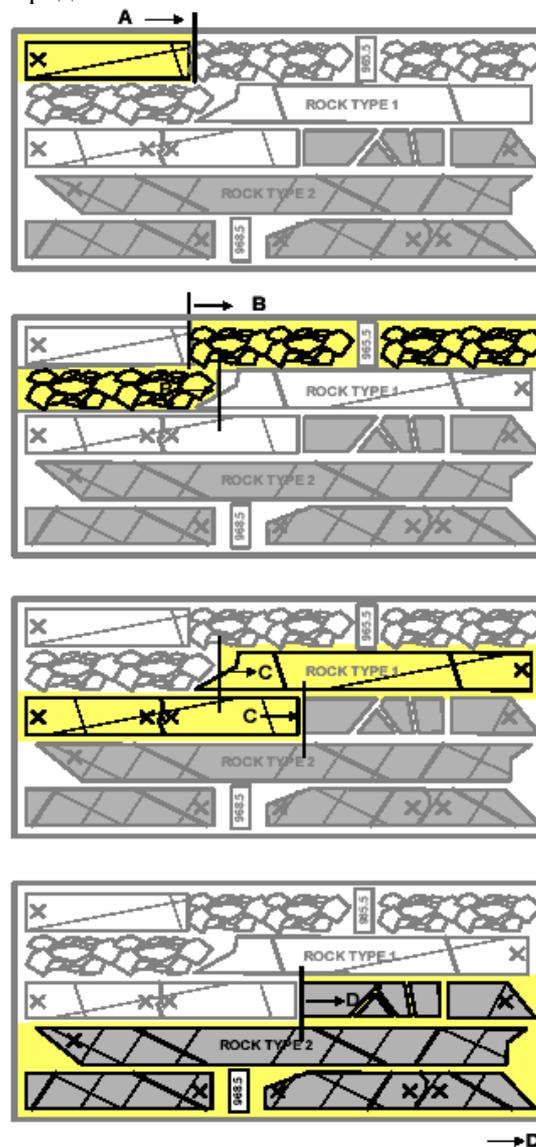
4.2 Намечаем интервалы при документировании керна (геомеханические зоны)

Зоны с близкими геомеханическими характеристиками должны стать основными блоками геомеханической каротажной диаграммы скважины. Это означает, что буровой керновый рейс должен быть разбит на две или более геомеханические единицы, если литология, или структурная конфигурация, или любые другие параметры демонстрируют значительное (и достаточно резкое) изменение. На Рисунке 4-4 отчетливо видно, каким образом буровой рейс был разделен на геомеханические зоны на основании выявления зон дробления и типа пород.

Максимальная длина геомеханической зоны не должна превышать 3 м.

Рисунок 4-4: Примеры отдельных интервалов документирования (A, B, C и D – показаны желтым цветом) для детального геомеханического описания

Rock type – тип породы



4.3 Литология

Выделите типы породы, используя стандартный набор литологических кодов Амантайтау (Amantaytau). Разломы, а также зоны разломов, зоны дробления (скалывания) и прочие подобные зоны следует выделять в качестве отдельных литологических единиц.

4.4 Выветривание

Выветривание породной массы должно быть зафиксировано в соответствии со стандартными кодами ISRM (Ай-Эс-Эр-Эм), представленным в Таблице 4-1, которые соответствуют вводным параметрам в основных системах классификации массивов горных пород.

Таблица 4-1: Описание состояния выветрелости породы

Код	Описание выветривания (степень)	Руководство для полевого описания
UW	Невыветрелая порода	В породе отсутствуют признаки разложения или изменения (коррозии)
SW	Слабое	Наблюдается некоторое изменение цвета породы, но ее прочность практически не уступает прочности свежей породы
MW	Умеренное	Обычно прочность породы снижена за счет выветривания. Цвет породы может значительно измениться, обычно за счет окисления железа (ржавчины)
HW	Сильное	Порода выветрена до такой степени, что проявляет свойства почвы, и ее прочность резко снизится при контакте с водой
CW	Полностью	Порода сильно выветрена и превращена практически в почву, остатки матрицы породы и структура практически уничтожены

4.5 Определяем общий выход керна (TCR – Ти-Си-Ар)

Общий выход керна определяется процентным отношением длины извлеченного керна (включая как цельный (сплошной), так и разрушенный (обломочный)) к общей длине кернового бурового рейса.

$$\left(\frac{\text{Общая длина извлеченного керна (м)}}{\text{Длина бурового рейса (м)}} \right) \times 100 = \text{TCR}\%$$

Извлечение керна следует зафиксировать для каждого кернового рейса бурения (или рейса подбуривания) и затем суммировать по всей геомеханической зоне, как указано в разделе 4.2. Хотя сама эта величина выражается в процентах, в полевом журнале документирования должна быть зафиксирована длина керна в метрах, а процент рассчитывается позже с использованием сводной динамической (электронной) таблицы. Рекомендуется убедиться, что зафиксированная длина керна во всех случаях меньше длины рейса бурения. Иногда керн разрыхляется (или изначально нарушен), и создается впечатление, что его длина превышает длину рейса бурения. В таком случае следует откорректировать длину керна.

Объем породы в керноотборнике следует оценить до извлечения керна из него; если этот индикатор представляется не слишком надежным, просто измерьте тот керн, что находится в

ящике, от начала и до конца. Если суммарная длина кусков породы (керна) в ящике заметно превышает длину рейса, сократите величину (длину) извлечения до реальной длины рейса. Помните, что в процентном отношении извлечение не может быть больше 100%.

4.6 Определяем извлечение сплошного (цельного) керна (SCR – Эс-Си-Ар)

Это процентное отношение суммарной длины извлеченного керна в виде сплошных (цельных) цилиндров к длине бурового рейса.

$$\left(\frac{\text{Общая длина извлеченного сплошного керна (м)}}{\text{Длина бурового рейса (м)}} \right) \times 100 = SCR\%$$

В ходе документирования быстрее и удобнее измерить длину несплошных (нецельных) кусков керна и вычесть их длину из общей длины извлеченного керна.

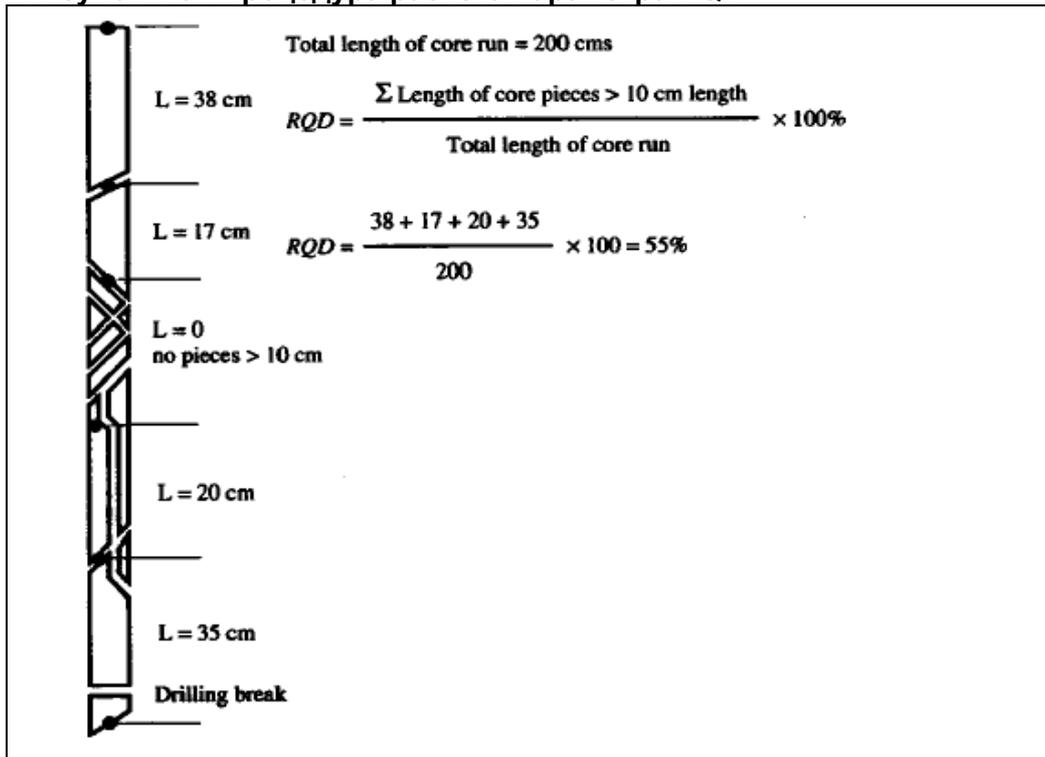
4.7 Определяем показатель качества пород (RQD – Ар-Ку-Ди)

Показатель качества пород определяется как процентное отношение суммарной длины сплошных (цельных) цилиндров извлеченного керна длиной более 100 мм каждый между естественными трещинами к длине бурового рейса.

$$\left(\frac{\text{Суммарная длина сплошных цилиндров керна длиной более 10 см (м)}}{\text{Длина бурового рейса (м)}} \right) \times 100 = RQD\%$$

Следует зафиксировать суммарную длину сплошных (цельных) цилиндров извлеченного керна длиной более 100 мм каждый между естественными трещинами. RQD в процентах затем рассчитывается автоматически после введения этих данных для обработки в электронную таблицу Эксель (excel). Схема корректного (правильного) определения RQD представлена на Рисунках 4-5 и 4-6. Принимаем kern с открытыми трещинами, параллельными оси керна, также в качестве сплошного керна (см. Рисунок 4-7); kern с механическими разрывами, вызванными бурением и манипуляциями с керном, также принимаем в качестве сплошного керна. На Рисунке 4-8 представлен пример определения RQD для конкретного керна.

Рисунок 4-5: Процедура расчета параметра RQD



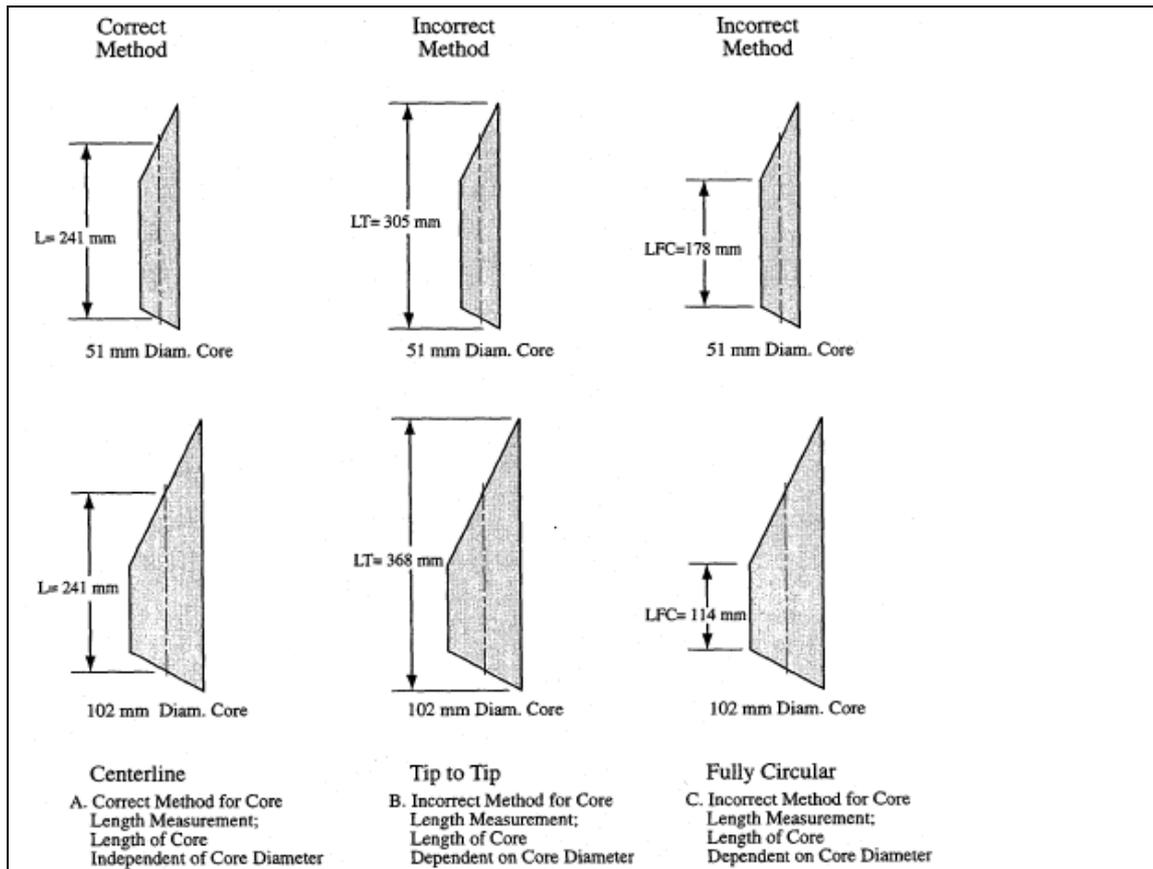
Total length of core run = 200 cm – Общая длина рейса составляет 200 см

L = 38 cm – Длина равна 38 см

Drilling break – Перерыв бурения

No pieces > 10 cm – Отсутствуют куски размером более 10 см

Рисунок 4-6: Правильный метод определения длины керна для расчета RQD



Correct method – Правильный (корректный) метод

Incorrect method – Неправильный (некорректный) метод

51 mm Diam. Core – Керн диаметром 51 мм

102 mm Diam. Core – Керн диаметром 102 мм

Centerline - измерение длины по центральной оси керна

Tip to Tip - измерение всей длины керна

Fully Circular – измерение длины только строго цилиндрической части керна

A. Correct method for core length measurements - Правильный (корректный) метод измерения длины керна

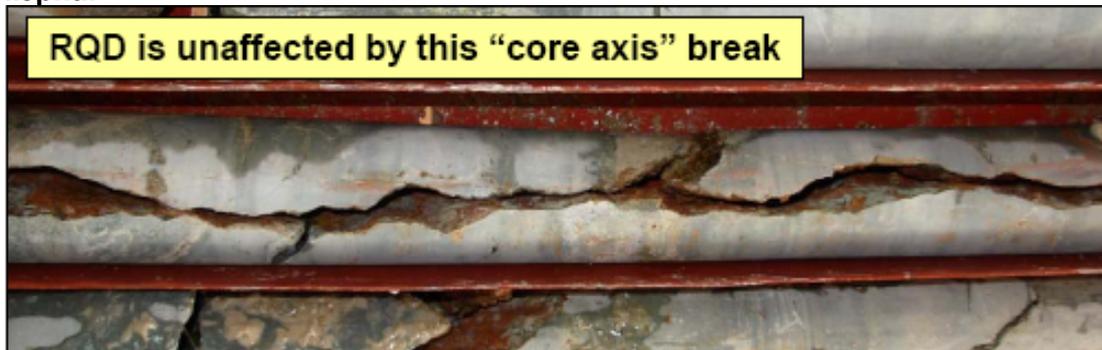
B. Incorrect method for core length measurements - Неправильный (некорректный) метод измерения длины керна

C. Incorrect method for core length measurements - Неправильный (некорректный) метод измерения длины керна

Length of core independent of core diameter – измеренная длина керна не зависит от диаметра керна

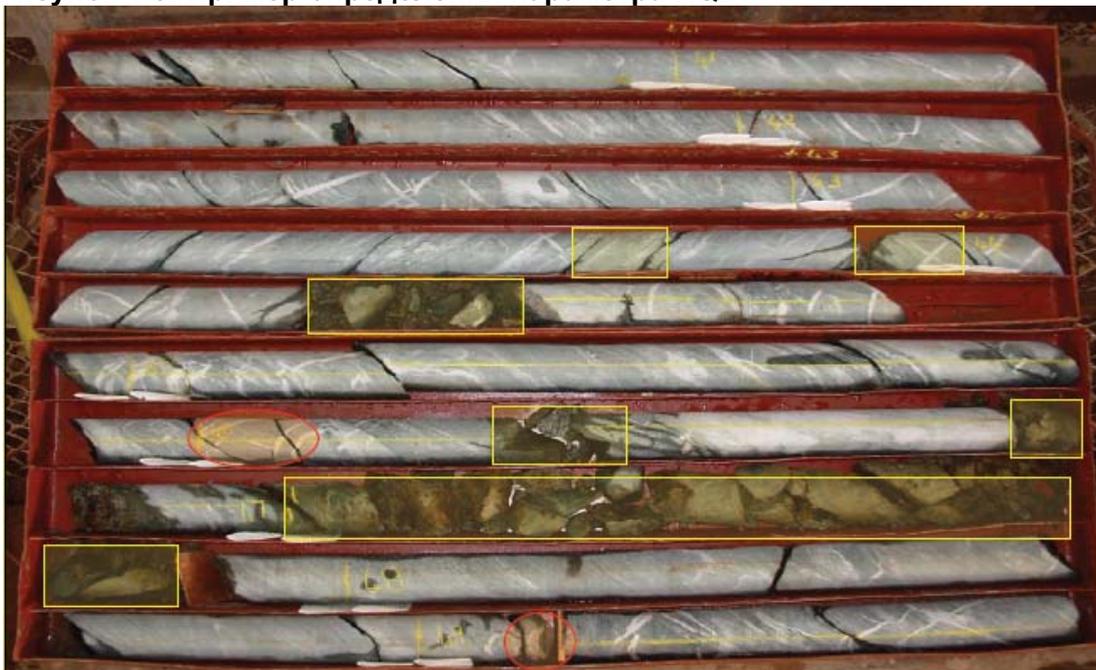
Length of core is dependent of core diameter - измеренная длина керна зависит от диаметра керна

Рисунок 4-7: Рассмотрение открытых трещин, ориентированных параллельно оси керна.



RQD is unaffected by this “core axis” break – Этот разрыв, суб-параллельный оси керна, не оказывает влияния на параметр RQD (показатель качества пород)

Рисунок 4-8: Пример определения параметра RQD



4.8 Подсчет открытых трещин

Для каждой геомеханической зоны необходимо подсчитать естественные трещины, относящиеся к каждой из трех групп в зависимости от их ориентации по отношению к оси керна. Все естественные трещины разделяются на три группы (по углу к оси керна): от 0 до 30° (J1 – Джей-1), от 30 до 60° (J2) и от 60 до 90° (J3), и фиксируется суммарное количество трещин для каждой группы. Причем это необходимо сделать независимо от того, был ориентирован керн или нет. Более подробное и точное описание ориентации трещин затем будет проведено в ходе процедуры структурного документирования, описанной в Главе 5. Описанная же здесь процедура позволит грубо оценить количество трещин (систем трещин) каждой ориентации и

тем самым дать важные вводные параметры для системы классификации массивов горных пород по Лобше (Laubscher).

Подсчет открытых трещин позволяет определить размер основного блока пород и количество систем трещин. Это просто подсчет всех открытых, явно естественных трещин в части интервала документирования, представленной сплошным (цельным) керном. На Этапе один эти трещины уже промаркированы, поэтому искусственные трещины не следует учитывать в ходе подсчета.

Подсчет открытых трещин позволяет оценить параметры Расстояние между трещинами и Частота открытых трещин (OJF/m – Оу-Джей-Эф/м). Параметр OJF/m представляет количество открытых трещин, приходящееся на 1 м керна и также рассчитывается автоматически с помощью базы данных электронных таблиц Эксель (excel).

4.9 Зоны дробления

Часто документировщики испытывают затруднения при интерпретации зон сильной трещиноватости, породы которых кажутся полностью разрушены/раздроблены. По опытку многих проектов специалисты SRK отмечают, что в таких случаях документировщики предпочитают вообще не фиксировать наличия каких-либо трещин в таких зонах, что приводит к значительному завышению качества массивов пород в этих зонах. Если нет возможности реально подсчитать отдельные трещины (структуры) из-за раздробленности породы до степени мелких фрагментов, подход при оценке количества трещин должен быть следующим:

- Проверить, не являются ли трещины искусственными (образовавшимися при бурении и манипуляциях с керном механическими разрывами).
- Оценить средний размер обломков пород.
- Предполагаем что каждый фрагмент (обломок) породы связан с по крайней мере одной трещиной.
- После сдвижения частей керна вместе до его исходной длины измерить длину зон дробления и разделить его на среднюю длину обломка керна (из зон дробления).
- Полученная величина принимается за количество трещин.

Рисунок 4-9 представляет пример оценки количества трещин для зон дробления. Керн в отмеченном (оконтуренном) красным цветом интервале полностью раздроблен. При этом средний размер обломка оценен в 2 см. Длина зоны дробления составляет приблизительно 1,20 м. Делим длину зоны дробления на средний размер обломка и получаем цифру 60 ($120 \text{ cm} / 2 \text{ cm} = 60$).

Рисунок 4-9: Как интерпретировать зоны дробления



Зоны дробления могут также служить индикаторами наличия разломов. При детальном документировании должно быть зафиксировано присутствие зон дробления, а при основном структурном документировании необходимо отдельно зафиксировать размер (протяженность, распространение) зон дробления для нанесения этих структур на разрезы геомеханической интерпретации.

4.10 Микрошероховатость

Микрошероховатость – это мелкомасштабные шероховатости на поверхностях трещин. Этот параметр важен для определения предела прочности трещины (или структуры) и ее способности (склонности) к скольжению, и также должен быть зафиксирован путем придания ему специального кода, которых всего девять, а образованы они комбинациями из трех типов формы и трех типов структуры. Для включения в базу данных нужно присвоить породе код шероховатости трещин. Следует избегать присвоения породе нескольких кодов (ряда кодов), поскольку это осложняет последующую обработку и интерпретацию данных. Коды шероховатости представлены в Таблице 4-2.

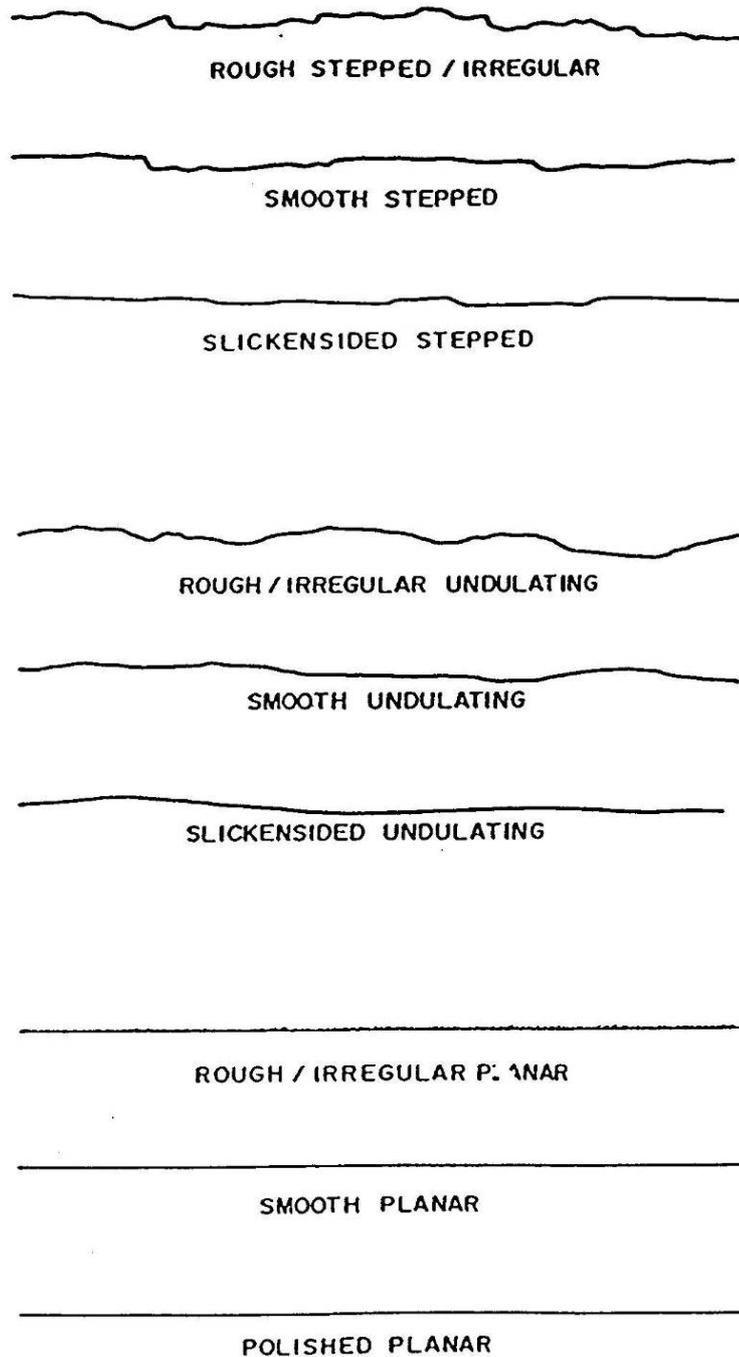
Таблица 4-2: Микрошероховатость

<i>Описание поверхности</i>	<i>Кодовое обозначение</i>
Шероховатая, ступенчатая	rs
Гладкая, ступенчатая	ss
С зеркалами скольжения, ступенчатая	sls
Шероховатая, волнистая	ru
Гладкая, волнистая	su
С зеркалами скольжения, волнистая	slu
Шероховатая, планарная (плоская)	rp
Гладкая, планарная (плоская)	sp
Отполированная	p

Это стандартные коды (профили) шероховатости (шероховатости), которые разработал Бартон, а Лобше назначил им относительные значения (1990). Коды шероховатости для оценки этого параметра указываются в программном бланке; на Рисунке 4-10 профили шероховатости показаны в оригинальном размере (длина линии 10 см). Мелкомасштабные формы (шероховатости) следует оценивать при масштабе 10 см. При документировании керна к ним будут относиться шероховатости, которые можно почувствовать при касании пальцами поверхности трещины.

Фотографии на Рисунке 4-11 иллюстрируют некоторые типичные примеры вышеописанных профилей (кодов), как они выглядят в керне из скважины.

Рисунок 4-10: Диаграмма сравнения профилей микрошероховатости в оригинальном размере (10 см)



Rough – шероховатый

Stepped - ступенчатая

Irregular - неровный

Smooth - Гладкая

Undulating - волнистая

Slickensided - С зеркалами скольжения

Planar - планарная (плоская)

Polished - Отполированная

Рисунок 4-11: Примеры микрошероховатости



Ступенчатая с зеркалами скольжения



Ступенчатая шероховатая



Волнистая с зеркалами скольжения



Волнистая шероховатая



Планарная (плоская) с зеркалами скольжения/polished



Планарная (плоская) шероховатая

4.11 Тип заполнения

Тип заполнения на поверхности трещины влияет на предел прочности трещины на сдвиг. Предел прочности трещины на сдвиг зависит от размера зерен, прочности заполнения, и того, мягкий/рассланцованный или нет материал заполнения. В Таблице 4-3 представлены стандартные кодовые обозначения при документировании для основных типов заполнения в соответствии с системой классификации массивов горных пород MRMR.

При документировании можно присвоить только один код (тип) заполнения данной системе трещин, причем это обычно либо наиболее часто встречающийся в данной системе, либо наиболее критический (при оценке предела прочности трещины на сдвиг) код/(тип). Например: если есть 10 трещин с заполнением кальцитом и 4 трещины с глинистым заполнением, именно глинистое заполнение является критическим и должно быть задокументировано. Если в пределах геомеханической зоны встречается более чем один минерал заполнения, решение, который из них следует считать наиболее представительным, принимается на основании частоты

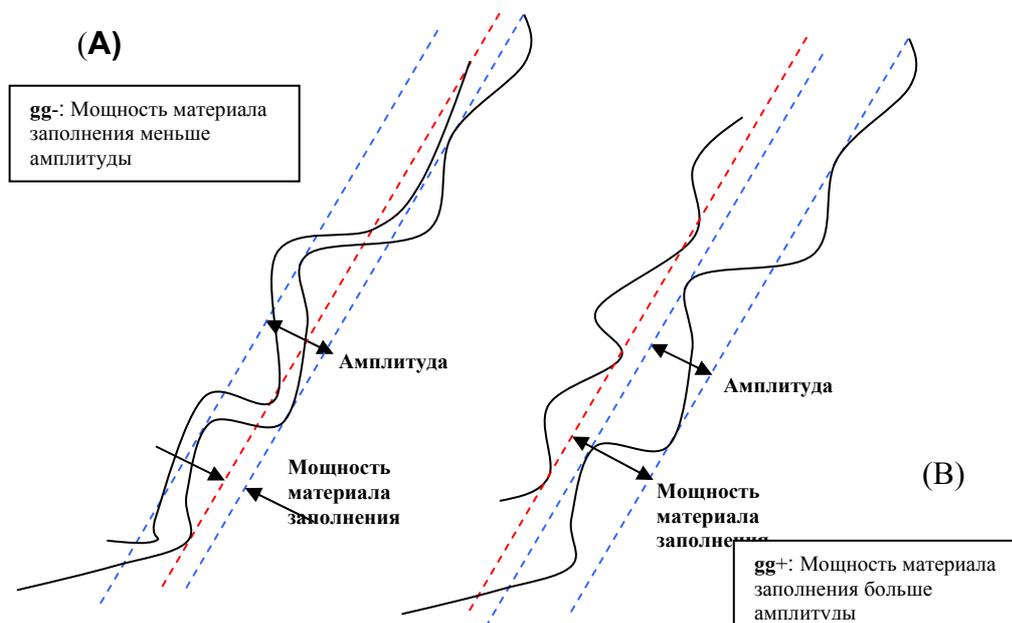
встречаемости и величины предела прочности трещины на сдвиг для каждого минерала/типа заполнения. Этот выбор часто является субъективным и основан на опыте геолога.

Таблица 4-3: Типы минерального заполнения

Описание	Кодовое обозначение
Песок	sa
Алевритовый (мелкоземистый) материал	si
Глина	cly
Крупнозернистый, смятый/рассланцованный материал	shc
Среднезернистый, смятый/рассланцованный материал	shm
Тонкозернистый, смятый/рассланцованный материал	shf
Мощность заполнения трещины меньше амплитуды шероховатости ее поверхности	gg-
Мощность заполнения трещины больше амплитуды шероховатости ее поверхности	gg+
Отсутствует	None

Некоторые из этих типов заполнения требуют дополнительных пояснений: коды gg- и gg+ относятся к смятому/рассланцованному (тектонизированному) заполнению, такому как глинистый материал. Здесь важно зафиксировать, меньше или больше мощность амплитуды (волнистость) открытой трещины по сравнению с мощностью (толщиной) материала заполнения. Материал заполнения большей мощности, чем минимальная амплитуда трещины, представляет наихудшую ситуацию, т.к. эта трещина будет иметь более низкое сопротивление трению, по сравнению с трещиной, в которой мощность материала заполнения меньше минимальной амплитуды трещины. Рис.3-7 дает общее представление об амплитуде трещины.

Рисунок 4-12: Амплитуда трещины в сопоставлении с мощностью материала заполнения



4.12 Мощность заполнения

Мощность материала заполнения должна быть зафиксирована в мм. Если разлом документируется в качестве самостоятельной геомеханической единицы, то столбцы “От - До” интервала документирования фактически определяют мощность заполнения.

4.13 Изменение стенок трещины

Этот параметр определяет относительную прочность стенок трещины по сравнению с прочностью ненарушенной породы. Следующие коды, представленные в Таблице 4-4, предназначены для категорий, принятых в классификации Лобше:

Таблица 4-4: Коды прочности стенок трещины

Кодовое обозначение	Описание
Нет	Изменения отсутствуют
Да	Порода стенок изменена и менее прочна, чем окружающая ненарушенная порода и заполнение

4.14 Прочность ненарушенной породы (IRS – Ай-Ар-Эс)

Эта величина представляет собой полевую оценку предела прочности при одноосном сжатии (UCS или ППОС) с использованием стандартного метода оценки прочности ненарушенной породы. Для оценки ППОС следует использовать керн без микродефектов, таких как прожилки и залеченные трещины. Если наблюдается анизотропия породы (сланцеватость, слоистость, брекчирование и т.д.), это должно быть зафиксировано в столбце для комментариев. Для оценки следует использовать перочинный нож, твердосплавный чертящий карандаш и/или геологический молоток. Полевые описания для соответствующих кодовых обозначений перечислены в Таблице 4-5. Средние величины ППОС, которые при этом должны быть представительными для всей единицы документирования, должны быть зафиксированы в журнале документирования. Часто документировщики склонны тестировать только более прочные куски керна, поскольку они являются ненарушенными и легче поддаются измерениям. Для сравнения: предел прочности при одноосном сжатии обычного бетона примерно 35 МПа.

На Рисунке 4-13 показан карманный пенетратор (слева) и молоток Шмидта (справа) для испытания пород на прочность. Или же можно использовать тестер точечной нагрузки, который полезен при испытаниях пород от умеренной до крайне высокой прочности.

Рисунок 4-13: Карманный пенетратор (слева) и молоток Шмидта (справа) для испытания пород на прочность



Рекомендуется проводить испытания ненарушенных пород на прочность в конце процесса документирования каждой геомеханической единицы, после определения показателя качества пород RQD и подсчета трещин, чтобы избежать путаницы искусственных трещин, вызванных этими испытаниями, с естественными. Эти искусственные трещины от испытаний также должны быть промаркированы на керне **КРАСНЫМ** маркером.

Начинаем с испытания породы на ударную прочность, затем продолжаем дальнейшие испытания, чтобы понять, слабее ли ненарушенная порода по прочности (то есть определить степень прочности). К более слабым относятся породы, имеющие прочность до 25 МПа. Материалы, имеющие прочность в ненарушенном состоянии выше 1 МПа, могут рассматриваться, с геомеханической точки зрения как породы, а материалы, имеющие прочность ниже 1 МПа как почвы. Примеры включают заполнение трещин, приразломная брекчия, тектонизированное и дробленое заполнение разломов. Для таких материалов используется классификация по прочности для почв, основанная на методе оценки ППОС, представленная в Таблице 4-6.

Таблица 4-5: Оценка прочности породы при наглядном (описательном) подходе

Кодовое обозначение	Полевая оценка	σ_{γ} МПа
крайне прочная	Материал откалывается только после нескольких повторных ударов молотка, звена при ударе	>250
очень прочная	Необходим ряд ударов геологическим молотком, чтобы отколоть образец ненарушенной породы	100 - 250
прочная	Образец породы, помещающийся в руках, отбивается одним ударом геологического молотка	50 - 100
средне-прочная	Плотный удар геологическим пробником оставляет отпечаток глубиной 5мм, нож только царапает поверхность (сопоставимо с бетоном, прочность которого 35 МПа)	25 - 50
слабая	Нож режет материал, но слишком трудно вырезать цилиндрический образец	5 - 25
Очень слабая	Материал крошится при ударе или геологическом испытании на удар, поддается обработке ножом	1 - 5
почвоподобная	Царапается ногтем	0.25 - 1

Таблица 4-6: Оценка прочности почв при наглядном (описательном) подходе

Кодовое обозначение	Предел прочности на сдвиг (кПа)	Полевое описание
Очень Мягкая	<12	Палец очень легко входит в почву
Мягкая	12 - 25	Палец входит в почву на глубину до 25 мм.
Твердая	25 - 50	Большой палец входит в почву на глубину около 5 мм.
Жесткая	50 - 100	Отметина от большого пальца остается только на поверхности почвы, но почва не продавливается насквозь (палец не входит).
Очень жесткая	100 - 200	Отметины от пальцев остаются на поверхности почвы, но от большого пальца уже нет
Крепкая	>200	Ноготь лишь оставляет отметину на поверхности.
Рыхлая, сыпучая		Превращается в крошку или порошок при царапании ногтем.

4.15 Комментарии

Поле комментариев должно содержать информацию, которую трудно представить в количественной форме. Это может быть информация о трудностях при бурении, вызванных массивом горных пород (потеря керна, потеря бурового раствора, высокий напор подземных вод, провал скважины). Кроме того, следует дать краткое геомеханическое описание пород, начиная с названия породы (заглавными буквами), затем цвет, размер зерен, структура, текстура,

расстояние между трещинами, изменение, отметить значительную потерю керна, и любые структурные особенности (тонкая сланцеватость, массивная порода, блочная, дробленая, смятая/рассланцованная и т.д.).

4.16 Данные по уровню вод

В дополнение к наблюдениям за поведением и уровнями вод во время бурения, весьма полезно измерять уровни вод в любых законченных, открытых буровых скважинах в ходе разведочных работ. В идеале, уровни вод в буровых скважинах должны измеряться с помощью градуированного в мм погружного глубиномера по меньшей мере раз в неделю, а предпочтительно два раза в неделю в дождливые сезоны. Фиксируйте эту информацию в отдельном протоколе и постоянно обновляйте базу этих данных. Данный протокол должен включать следующую информацию: Дата, Время, Длина поднятого керна (м), Высотная отметка (м), Глубина до уровня грунтовых вод, измеренная от поверхности.

4.17 Фотографирование керна

4.17.1 Подход

Весь керн должен быть сфотографирован для будущего учета. В идеале это должно быть сделано до начала документирования керна, когда любые искажения, вызванные повреждением керна, минимальны.

Следует использовать цифровую фотокамеру с минимальным разрешением 3 мегапикселя. Один, максимум два ящика следует фиксировать на одном снимке. При фотографировании керна должны соблюдаться следующие условия:

- Соответствующие условия освещения и время экспозиции по ходу всего проекта. Лучшие результаты достигаются при рассеянном освещении, а не при ярком солнечном свете (рано утром или после обеда лучше, чем в полдень, если используется солнечный свет).
- Всегда следует сфотографировать керн прежде, чем пилить его.
- Фотографируемый керн должен быть равномерно сухим. Опыт показал, что для геомеханических целей фотографии сухого керна более информативны.
- Фотоаппарат должен находиться на одном и том же расстоянии от керна. Следует избегать использования широкоугольных объективов, поскольку их применение вызывает искажения изображения. На фотографии должны быть видны этикетка (бирка), цветовая полоса и масштаб. На бирке должна быть указана подробная информация о скважине (идентификация), дата, глубина, точка старта и направление бурения.
- Для согласованности на каждом ящике должна быть видна маркировка (идентификация) буровой скважины в левом верхнем углу ящика вместе с цифрами глубины начала и номером ящика. Глубина окончания для каждого ящика должна быть показана в правом нижнем углу. Важно, чтобы направление керна было указано стрелкой. Блоки керна должны быть размещены таким образом, при котором глубина керна для каждого рейса керна легко читалась бы на фотографии.

4.17.2 Обозначение файла изображения

Керн следует сделать сфотографировать цифровой камерой до того, как он будет разрезан. Цифровой файл фотографии следует переименовать таким образом, чтобы он мог быть легко идентифицирован – новое название файла должно содержать следующую информацию, как в приведенном ниже примере:

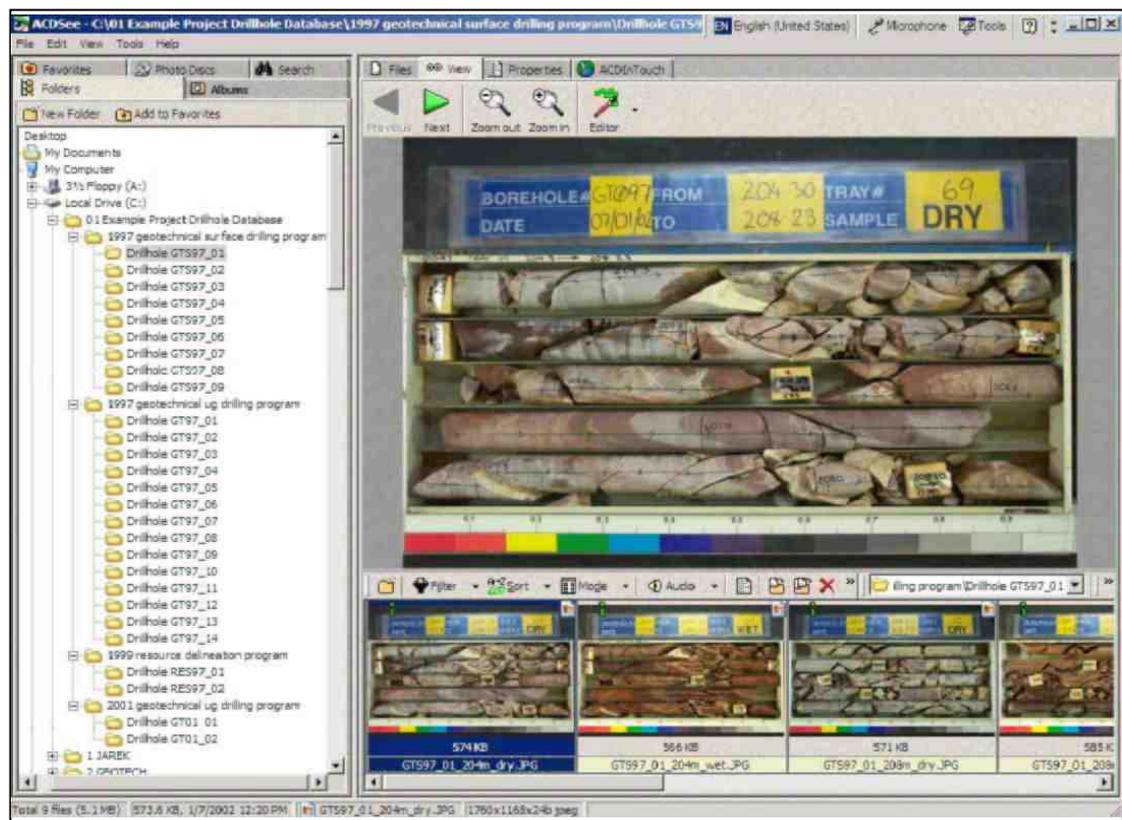
Идентификационные данные скважины (N31_Ящик 01) и глубина (204m). Название файла:

...\\DDH-N31\N31_Box 01_204m.jpg

4.17.3 Управление базой данных фотографий керна

После положенной маркировки, изображение керна следует занести в соответствующую базу данных. Простым и эффективным решением является размещение изображений в основных папках и использование программы просмотра для доступа и просмотра файлов. Данная программа должна быть способной обеспечить просмотр нескольких уменьшенных изображений одновременно – смотри пример на Рисунке 4-14 ниже.

Рисунок 4-14: Управление изображениями керна



4.18 Управление базой данных геомеханического документирования

Данные документирования на бумаге следует регулярно переводить в формат электронных таблиц, представленных SRK.

Контролирующий документирование геолог должен обеспечивать качество как самого документирования, так и конечной электронной базы данных. Процедура обеспечения и

контроля качества (QAQC) должна включать в себя проверку и корректировку несогласованностей, ошибок набора при вводе, пропуска информации, перекрывания геомеханических единиц, единиц, для которых суммарная длина сплошных цилиндров извлеченного керна длиной более 100 мм каждый между естественными трещинами оказалась больше длины интервала бурения или где общая длина извлеченного керна оказалась больше длины интервала бурения. Проверить, чтобы для заполнения трещин, как и оценки микрошероховатости, использовалась только одна величина (средняя или наиболее критическая (определяющая)).

Следует также регулярно производить быструю проверку путем сравнения записей документирования и фотографий керна.

5. Процедура детального документирования ориентированного керна

5.1. Выбор подходящей системы ориентирования керна

В Таблице 5-1 представлен обзор существующих систем ориентирования бурового керна, среди которых:

- 1) Система Ace (Эйс).
- 2) Система Easymark (Изимарк).
- 3) Система Ballmark (Болмарк).

Система ориентирования керна Ace проста в применении, являясь закрытой системой, и от бурильщика требуется лишь использование секундомера.

Система Easymark – это более поздняя разработка, обеспечивающая получение проверяемого тега (метки) ориентирования. Это стоит дополнительных денег, но SRK считает этот расход на возможность проверки точности ориентирования оправданным.

Для системы Ballmark крайне важно, чтобы инструктор от производителя обеспечил инструктаж бурильщиков; обычно время инструктажа специально не оплачивается, тем не менее, обычно считается, что клиент оплачивает транспортные (перелет), командировочные и гостиничные расходы инструктора. Преимущество системы Ballmark состоит в ее проверяемости посредством предоставления алюминиевого диска с меткой ориентирования.

Для интерпретации данных ориентирования крайне важно получение только данных высокого качества (надежности). Следует избегать совмещения надежных и сомнительных данных ориентирования керновых рейсов. Естественный разброс этих (надежных) данных и так достаточно велик, даже при отсутствии неверно ориентированных рейсов.

Таблица 4-7: Сравнение систем ориентирования керна

Метод	Точность	Надежность	Обычное суммарное время простоя	Средняя удельная стоимость/м	Комментарии	Рейтинг SRK *
Акустический или оптический телевизионный датчик	очень высокая	очень высокая	1 день в конце бурения	высокая	Риск утраты дорогостоящего оборудования в неустойчивой скважине - затратно, с почасовой дополнительной платой для бурового подрядчика	1
Acid Etch - кислотный наклонмер	высокая	высокая	большое	высокая	Требует много времени	2
Керно-ориентатор Graeius (Крэлиус)	высокая	переменная	в зависимости от глубины	умеренная	Требует много времени	2
Асе (Эйс)	высокая	высокая	нет	низкая	Не требует простоя	2
Ballmark (Болмарк)	высокая	умеренная	нет	умеренная	Не требует простоя, результаты проверяемы	3
Easymark (Изимарк)	умеренная	умеренная	нет	умеренная	Не требует простоя	3

Отпечаток на глине	переменная	умеренная	в зависимости от глубины	умеренная	Метод не работает ниже глубины 100-200 м	4
Спир (труболовка)	переменная	низкая	в зависимости от глубины - умеренная	низкая	Низкая надежность результатов	5

* 1= очень хорошо,
5 = неудовлетворительно

5.2 . Измерение ориентации трещин

Измерения ориентации трещин следует проводить только для рейсов керна с надежными линиями ориентирования. Чтобы рассчитать истинную ориентацию трещины, нужно знать следующие параметры:

- 1) **Угол наклона скважины** – эта величина указывает отклонение угла бурения от вертикали.
- 2) **Азимут скважины** – эта величина указывает азимут (угол, отложенный по часовой стрелке между направлением стрелки компаса на север и горизонтальной проекцией направления скважины (вниз).
- 3) **Положение линии ориентирования** – эта величина указывает угол наклона ориентированной линии отсчета (вдоль длины керна) от верхней части керна (например, в нижней части керна он был бы 180 градусов).). Эта информация нужна, поскольку одни методы ориентирования керна дают линию ориентирования в верхней части керна, а другие - в нижней.
- 4) **Альфа угол трещины** – это минимальный угол между вектором максимального наклона (падения) плоскости трещины и осью керна. Или, другими словами, максимальный угол наклона трещины относительно оси керна.
- 5) **Бета угол трещины** – это угол, отложенный по часовой стрелке от линии отсчета до направления вектора максимального наклона, если смотреть вниз по оси керна в направлении бурения скважины. На Рисунке 5-1 показано, как измерять углы Альфа и Бета.

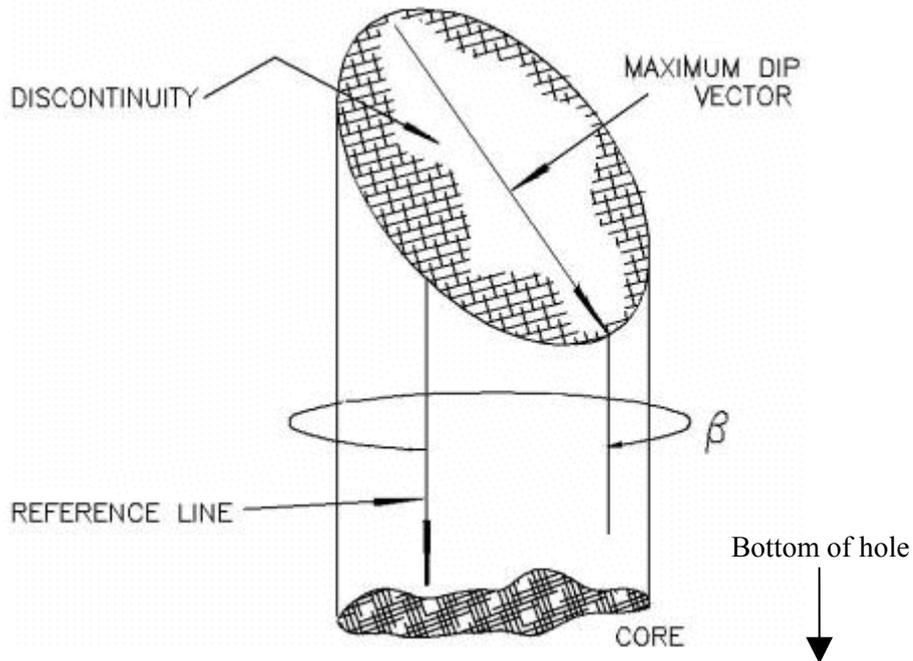
Как объясняется в ходе инструктажа, Альфа угол можно измерить, поместив цилиндр керна на плоскую поверхность так, чтобы вектор максимального наклона плоскости (поверхности) трещины, образующий конец цилиндра керна, был обращен вверх. Помещаем компас Клэра на эту плоскую поверхность рядом с цилиндром керна, и затем поворачиваем угловую пластину компаса пока она не совместится с плоскостью трещины. Теперь Альфа угол трещины может быть считан с градуированной угловой шкалы на этой стороне компаса Клэра.

Чтобы определить Бета угол, следует использовать гибкую измерительную ленту для измерения расстояния в мм от линии отсчета до линии вектора максимального наклона плоскости (поверхности) трещины. В той же точке керна следует измерить окружность цилиндра керна. Бета угол может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\text{Бета угол (}^\circ\text{)} = \left(\frac{\text{Расстояния от линии отсчета до линии вектора максимального наклона (мм)}}{\text{окружность керна (мм)}} \right) \times 360$$

Рисунок 4-15: Измерение Альфа и Бета углов трещины

ПАРАМЕТРЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДЛЯ ДАННЫХ ПО БУРОВОЙ СКВАЖИНЕ



Подписи на рисунке, сверху вниз:

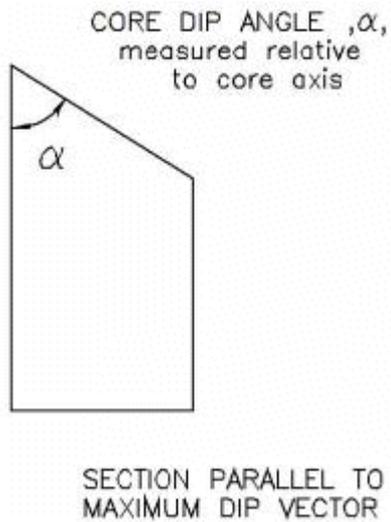
Вверху слева: Нарушение сплошности (трещина) Вверху справа - Вектор максимального наклона

Внизу слева: Линия отсчета

Внизу справа - Дно скважины

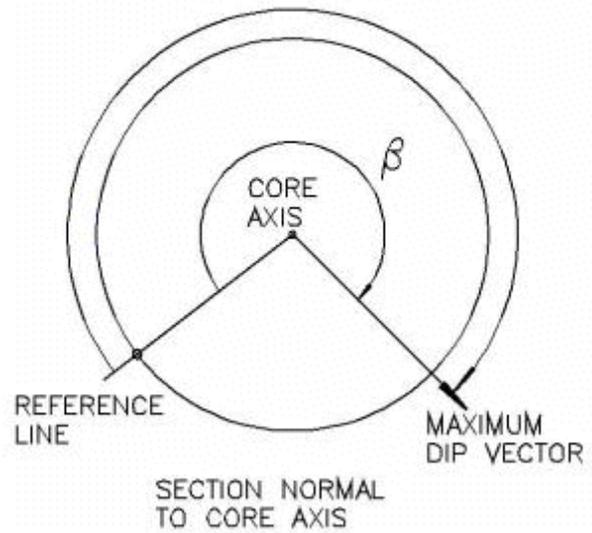
Внизу посередине: Керн

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЬФА-УГЛА



ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕТА-УГЛА

CORE DIP DIRECTION ANGLE, β , measured clockwise relative to REFERENCE LINE looking down core axis in direction of drilling



На левом рисунка,верху: Угол α наклона (падения) трещины, измеренный относительно оси керна
внизу: Сечение параллельное вектору максимального наклона (падения)

На правом рисунке,верху: Угол β трещины - угол, отложенный по часовой стрелке от линии отсчета до направления вектора максимального наклона, если смотреть вниз по оси керна в направлении бурения скважины.

внизу слева направо:

Линия отсчета

Сечение, перпендикулярное оси керна

Вектор максимального наклона (падения).

5.3 Структурное документирование ориентированных скважин

Кроме измерения Альфа и Бета углов, следует собрать следующую информацию для всех ориентированных трещин:

- 1) **Положение (глубина)** структуры (трещины) вниз по скважине (в метрах).
- 2) **Апертура (проем)** структуры (трещины) (в мм), если возможно – истинная мощность, измеренная перпендикулярно простиранию структуры.
- 3) **Тип структуры (трещины)** – указать вид **открытой** трещины (структуры): Открытый разлом или сдвиг (код: FTU); Залеченный разлом или сдвиг (FTC), Открытая трещина (OJ), Жила заполнения или Залеченная трещина (CJ).
- 4) **Состояние трещины** – микрошероховатость, заполнение, изменение стенок трещины

5.4 Процедура обеспечения и контроля (QAQC) для оценки достоверности линии ориентирования

Контролирующий геолог на буровой должен оценить, насколько хорошо согласуются линии ориентирования последовательных рейсов керна (бурения). SRK предлагает проводить ориентирование каждого рейса керна.

В обязанности контролирующего геолога на буровой также входит задача анализа и интерпретации данных для определения наиболее достоверных линий ориентирования. SRK полагает что линии ориентирования по меньшей мере трех ориентированных рейсов керна должны совпадать в пределах погрешности менее 5 градусов.

Ориентирование керна следует проводить в прямых стальных уголках длиной минимум 4 м при рейсе керна 3 м длиной, и минимум 2.5 м - при рейсе керна 1.5 м длиной. Подходящее рабочее место для такой задачи представлено на Рисунке 2-1.

6 ОТБОР ПРОБ КЕРНА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В ходе выполнения программы геомеханического бурения необходимо отобрать пробы керна для лабораторных испытаний. Предварительные оценки прочности породного материала и прочности при нарушении сплошности могут быть выполнены в ходе процесса документирования, а прочность массива горных пород может быть достаточно легко предсказана с использованием системы классификации массивов пород; но при этом необходимы высококачественные прямые данные лабораторных испытаний, чтобы придать надежность полученным оценочным величинам и обеспечить дополнительные параметры.

При проектировании карьера обычно используют результаты определения предела прочности при одноосном сжатии в ненарушенных кусках керна и предела прочности на сдвиг на поверхностях естественных и искусственных (распилы) трещин. В следующем разделе описана процедура опробования керна для этих испытаний, а также ряда других испытаний, которые также иногда могут понадобиться.

Следует тщательно выбирать именно представительные (а не лучшие) образцы (проблема в том, что существует тенденция выбирать образцы наилучшего качества). Дефекты и анизотропия, изменения пород и прочие особенности должны быть зафиксированы в предоставленном протоколе отбора образцов.

6.2 Образцы для определения предела прочности при одноосном сжатии

Образцы для определения предела прочности при одноосном сжатии (ППОС - UCS) должны иметь отношение длины к диаметру керна не менее 2.5. Образец должен быть ненарушенным, в нем не должны присутствовать какие-либо видимые нарушения сплошности или микродефекты. Для представительности результатов каждый тип пород должен быть представлен, по крайней мере, 20 образцами.

6.3 Образцы для определения предела прочности на сдвиг (срез)

Образцы для испытаний на сдвиг (срез) на сдвиговом приборе должны иметь отношение длины к диаметру керна в пределах от 1 до 1.5. Куски для испытаний распиленных образцов на сдвиговом приборе (основной угол внутреннего трения) должны быть ненарушенными, в них не должны присутствовать видимые нарушения сплошности (каждый тип пород должен быть представлен как минимум 15 образцами). Образцы для испытаний на сдвиг естественных трещин должны иметь не менее 5 см длины по обе стороны от трещины (не менее 10 образцов на каждый тип трещины). Образцы слабых материалов и глинистого заполнения должны извлекаться в максимально возможном ненарушенном состоянии, однако может понадобиться отобрать их пробы и в нарушенном состоянии – для испытаний на сдвиг (срез) на кольцевом приборе для нарушенных образцов (следует отбирать пробы глинистого заполнения где только можно). Образцы глины следует завернуть в кулинарную (упаковочную) пленку, запечатать сургучом, упаковать в воздушно-пузырчатую пленку и поместить в прохладное место, в которое не проникают солнечные лучи для максимально возможного сохранения состояния материала, которое он имел на месте залегания.

6.4 Образцы для испытания на разрыв

Образцы для испытания на разрыв (Бразильский тест) должны иметь отношение длины к диаметру керна не менее 1.5. Образец должен быть ненарушенным, в нем не должны присутствовать какие-либо видимые нарушения сплошности или микродефекты. Для представительности результатов каждый тип пород должен быть представлен как минимум 10 образцами.

6.5 Образцы для испытания по методу соосных пуассонов (на прочность под точечной нагрузкой)

Образцы для испытания по методу соосных пуассонов (на прочность под точечной нагрузкой) должны иметь отношение длины к диаметру керна не менее 1.4. Образец должен быть ненарушенным, в нем не должны присутствовать какие-либо видимые нарушения сплошности. Кроме того для сравнения результатов испытаний, некоторые образцы должны быть взяты из участков, близко расположенных или смежных тем участкам, из которых отбирались образцы для проведения испытаний на одноосное сжатие (ППОС - UCS). Для каждого типа пород должно быть проведено не менее 50 испытаний или одно испытание на каждые 10 метров глубину скважины, для того, чтобы получить достаточный диапазон величин для последующего использования в качестве базовых величин определения прочности пород, как только коэффициент корреляции будет выведен вместе с величинами ППОС - UCS. Чтобы получить среднее значение, необходимо провести три испытания на одном и том же материале одинакового качества, причем образец должен быть достаточно крупным, чтобы провести испытания в разных точках, близких друг к другу. Например, образец керна нетронутой породы длиной 50 см был бы достаточен для испытаний точечной нагрузкой, прилагаемой в трех точках. Лучше всего наметить точные точки на образцах для испытаний. Если разброс значений слишком велик, понадобится провести большее количество испытаний. При определении среднего значения, крайние - самые высокие и самые низкие - значения отбрасываются. Данное испытание легко провести на месте работ, используя портативный прибор точечной нагрузки.

6.6 Образцы для определения предела прочности при объемной нагрузке

Образцы для определения предела прочности при объемной нагрузке должны быть ненарушенными и иметь отношение длины к диаметру керна не менее 2.5. Для каждого испытания требуется 3 образца одной и той же породы, поэтому керн должен быть достаточно однородным на длину не менее 1 метра. Кроме того, если испытываются породы повышенной прочности, образцы пород для таких испытаний следует отобрать по соседству с образцами для испытаний на прочность при одноосном сжатии (ППОС - UCS) для сравнения результатов обоих испытаний.

Запись о распространении отчета SRK Consulting (UK) Ltd

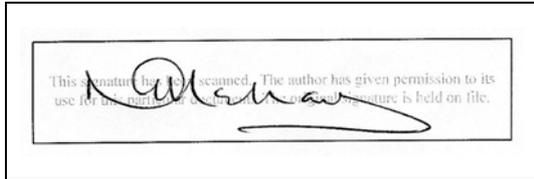
Заполните данную форму и приложите к последней странице каждой копии отчета.

Номер отчета

Номер копии

Имя, должность	Компания	Копия	Дата	Подпись

Подпись:



Данный отчет защищен авторским правом, принадлежащим **SRK Consulting (UK) Limited**. Он не может быть воспроизведен или передан в какой-либо форме или каким-либо образом кому-либо без письменного на то разрешения обладателя авторского права - SRK.