

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ БУРОВОГО КЕРНА

- I. Организация документирования керна
- II. Техника геомеханического бурения и документация о ходе бурения
- III. Документирование керна
- IV. Порядок заполнения табличных форм
- V. Процедура фотографирования
- VI. Управление базой данных геомеханического документирования
- VII. Процедура детального документирования ориентированного керна
- VIII. Количество трещин в зоне дробления
- IX. Методы определения прочности при точечном нагружении
- X. Заключение

Настоящее «Методическое руководство по геомеханической документации бурового керна» составлено в соответствии с поручением заместителя Премьер-Министра Республики Узбекистан протокол №02-06/1-657 от 14.12.2021г. и дополнение к действующим методическим руководствам по «Стандарту требований по инженерно-геологическому изучению месторождений при их разведке», а также в соответствии с международными требованиями. Требования составлены на основании рекомендаций международных обществ в области геотехники для определения инженерно-геологических (геотехнических) условий месторождения при проектировании горных разработок.

Инженерно-геологические данные, собранные на основе бурового керна, используются для классификации массива горных пород. Наиболее широко применяются следующие рейтинговые системы классификаций: Q Бартон, RMR Бенявского, MRMR Лобшира.

Описание инженерно-геологических характеристик горной массы принято выполнять и структурировать таким образом, чтобы обеспечить наличие всех данных, необходимых для классификации горной массы. Геомеханическое описание керна позволяет получить следующие инженерно-геологические показатели:

- глубина интервалов при документировании керна;
- состояние породы (выветренность/изменение по сложению и составу);
- суммарное извлечение керна (TCR);
- показатель качества породы (RQD);
- прочность ненарушенного материала (твёрдость скальной породы или

грунта) (прочность ISRM);

- количество систем трещин;
- тип породы.
- В дополнение, производится сбор дополнительных подробных инженерно- геологических данных по каждой трещине (или по группам аналогичных трещин, для сильно трещиноватой породы), выявленной в полученном керне, в том числе:
 - тип трещин;
 - описание поверхности разлома (неровность, форма, тип и мощность заполнителя);
 - изменение разлома и параметров неровности трещин;
 - угол «альфа» относительно оси керна;
 - классификация состояния трещиноватости.

I. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ КЕРНА

На месте проведения буровых работ должен быть оборудован стол для документирования керна. Стол должен состоять из ряда стальных уголков, установленных на «козловых» подставках. Длина уголков должна быть более длины рейса как минимум на 1,0-1,5 метра с полками 4-5 см. Уголки должны быть устойчивыми, не будучи прикрепленными к подставкам – это обеспечит портативность конструкции для перемещения с места на место. Количество уголков должно обеспечивать возможность выкладывания всего керна, обуренного за весь промежуток времени без соответствующего документирования геологом – например, чтобы керна за ночную смену был подготовлен для документирования геологом, заступившим в утреннюю смену.



Рис. 1. Рабочее место

Оборудование

В списке ниже перечисляется полевое оборудование, необходимое для сбора инженерно-геологических данных по буровому керну:

- Бланки инженерно-геологического документирования для сбора данных вручную и компьютер (с программой АГР и MS Excel) для непосредственного ввода данных;
- флэш-накопитель или иное устройство электронного резервирования данных;
- карандаши, сменные грифели, стирательные резинки;
- маленькая пластиковая линейка (20 см);
- прочная металлическая линейка (1 м);
- мерная рулетка (метрическая) для измерений;
- масштабная линейка для фотографий керна;
- пастельные мелки, обычный мел, восковые карандаши или перманентные маркеры (различных цветов) для пометок на кернах;
- чёрные перманентные маркеры для надписей на блоках керна, ящиках и т.д.;
- калькулятор;
- геологический скальный молоток для оценки прочности породы;
- защитные очки;
- нож и / или иной инструмент для скобления породы с целью оценки прочности;
- портативный пенетрометр для оценки прочности грунта;
- пробирка с кислотой, 10% раствор HCl;
- лупа;
- угломер для оценки угла нарушений относительно оси керна;
- линейный угломер для измерения периферических углов относительно линии отсчёта, при ориентированном кернах (если выполняется ориентирование керна);
- пульверизатор или ведро и кисть для смачивания керна;
- аккумуляторная дрель для открытия и закрытия ящиков с кернами;
- Клейкая лента, воздушно-пузырьковая плёнка и тянущийся упаковочный материал для отбираемых проб керна;
- ярлыки и бланки сопровождения проб для надлежащей передачи проб;
- цифровая камера (минимум 5 мегапикселей, со штативом);
- маркерная доска и легко стираемые маркеры для информации на фотографиях керна;
- устройство для испытания точечной нагрузкой;
- штангенциркуль для измерения диаметра керна.

II. ТЕХНИКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ И ДОКУМЕНТАЦИЯ О ХОДЕ БУРЕНИЯ

Параметры бурения

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.

Буровая документация

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.

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. Кернаприемник 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 керноприемника и помещении его в керновый ящик, особое внимание следует уделить обеспечению правильной последовательности и ориентации («верх-низ») проб керна в ящике. Если выход керна за рейс получился очень низким, следует оставить пустой прогон в лотке длиной равной длине рейса.

В идеальном случае следует предоставить инженеру-геологу возможность беспрепятственного первичного документирования керна. То есть инженер-геолог маркирует все открытые и естественные трещины, осуществляет геомеханическое документирование керна, а уже после этого разрешает буровикам поместить керн в керновый ящик. Это позволит в будущем различить искусственные трещины, возникшие при перемещении керна из разъёмного керноприемника в керновый ящик, от естественных трещин, которые были видны уже в керноприемнике и сразу отмечены.

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

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

Промывка керна

Для удаления бурового раствора керн следует промыть, но делать это надо очень осторожно, чтобы сохранить целостность керна. Не следует применять распыляющие форсунки, 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. Метку, указывающую глубину керна, следует поместить в конец рейса.

Маркировка ящиков

Следует маркировать керн в соответствии с принятыми требованиями. Маркировка керновых ящиков должна включать номер скважины, сведения о внутреннем диаметре скважины, номер ящика и границы интервала бурения «От» и «До».

III. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ КЕРНА

Маркировка керна

Необходимо стремиться документировать керн максимально быстро для того, чтобы 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.д. Сразу после извлечения керна из керноприемника и помещения в V-образный уголок (на столе для документирования), геолог должен осмотреть керн и промаркировать все открытые, естественные трещины.

Если документирование керна начинается только после помещения керна в кернохранилище, тогда необходимо промаркировать как природные (естественные) трещины, так и искусственные («техногенные») трещины - известные механические повреждения, вызванные выполнением каких-либо работ с керном либо его разламыванием для того, чтобы он мог поместиться в ящики для керна.

Для этих целей разработана следующая система маркировки:

- Открытые природные (естественные) трещины – рисуется линия **ЗЕЛЕНЫМ** маркером поперек трещины.
- Искусственные («техногенные») трещины – рисуется линия **КРАСНЫМ** маркером поперек трещины, или помечаться знаком «X» (зачёркнутая трещина не учитывается в дальнейших подсчетах).

Основной успешного геомеханического документирования является умение отличить искусственные («техногенные») трещины от природных трещин, имевшихся изначально в массиве пород.

Природные и механические трещины

Признаками естественной 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 скол (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 (Рис. 2) показаны примеры искусственных трещин в керне.

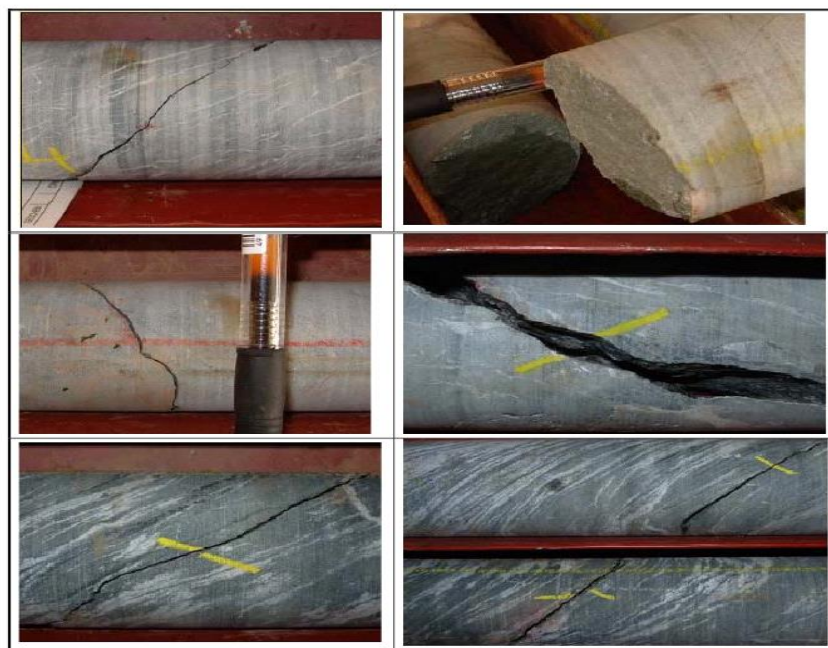


Рис. 2. Примеры механических трещин, вызванных процессом бурения

Выбор интервалов для геомеханического документирования

Буровой рейс должен быть основой выделения инженерно-геологических интервалов при документировании керна. При этом в отдельных случаях породы с разными геомеханическими свойствами могут оказаться в пределах одного бурового рейса. Например, 1.5 м буровой рейс может включать 1 м интервал прочного керна и 0.5 м слабосцементированного материала.

Инженерно-геологические интервалы (домены) необходимо выбирать исходя из литологии и критериев прочности керна (ориентировочная длина геомеханического интервала минимум 0.3 м, а максимально могут соответствовать длине проходки). Если порода достаточно однородна с точки зрения геологических и инженерно-геологических условий, применяется длина интервала, равная длине проходки

Любые значительные изменения литологии или инженерно-геологических показателей (в частности, прочности, встречаемости трещин и/или выхода керна) должны расцениваться как инженерно-геологические границы. Например, при пересечении зоны, составляющей более 0.3 м в длину и отличной по своим инженерно-геологическим параметрам от соседнего керна (заполненной мягкими и твёрдыми материалами зоны разлома в устойчивой породе), следует учитывать её как самостоятельный инженерно-геологический интервал.

Максимальная длина геомеханического интервала не должна превышать 3 м. На рисунке (Рис. 3) показан пример 3-х метрового рейса, содержащего материалы с разными геомеханическими свойствами.

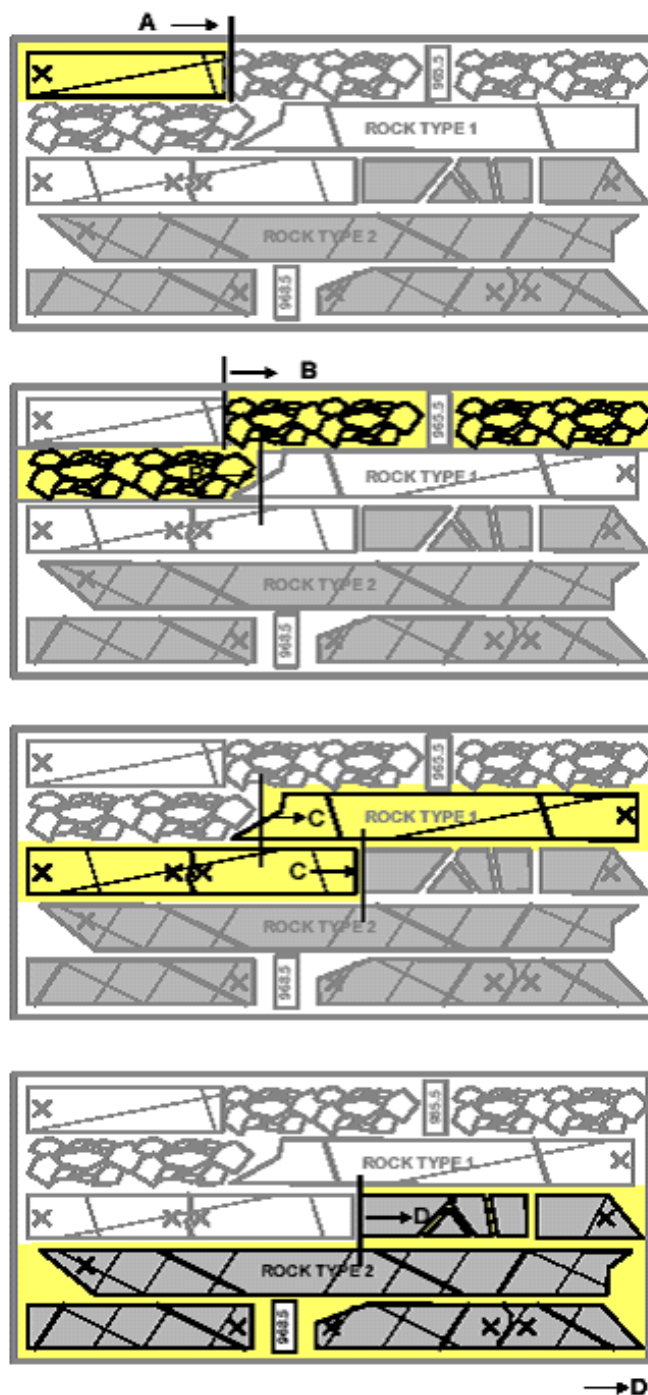


Рис. 3. Пример выделения интервалов для документирования (А, В, С и D – показаны желтым цветом) при детальном геомеханическом описании. Rock type – тип породы.

IV. ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ ТАБЛИЧНЫХ ФОРМ

Геомеханическое описание керна производится с заполнением табличной формы - Таблица 1.

Столбец №1: ВН ID [Скв. №]

Записывается номер скважины

Зафиксированная глубина представляет собой длину вдоль оси керна от устья скважины до начала (позиция «From» - «От») и до конца (позиция «To» - «До») документируемого интервала.

Хороший способ отслеживания глубины – её фиксация через каждый метр керна при помощи чёрного перманентного маркера. Также подобные отметки упрощают интерпретацию фотографий керна.

Важно, чтобы инженер-геолог, работающий на площадке, подтвердил реперную точку, используемую специалистом по бурению для определения глубин, отмечаемых на блоках в рамках длины рейса. Глубины должны иметь привязку к земной поверхности. Нередко буровые мастера используют для этой цели уровень пола буровой вышки, верха обсадной колонны либо верха бурового долота до начала работ, который измеряется и фиксируется в справочных целях. Имелись случаи, когда в дневную и в ночную смену использовались различные реперные точки. Поэтому важно уточнять реперную точку с бурильщиками каждой смены на буровой установке, прежде чем приступать к бурению.

Столбец №2: From (m) [От, м]

Указывается отметка начала геомеханического интервала по керну.

Столбец №3: To (m) [До, м]

Указывается отметка конца геомеханического интервала по керну.

Столбец №4: Length (m) [Длина, м]

Записывается длина геомеханического интервала по керну – разница между отметкой конца и начала. Может быть подсчитана позднее, в автоматическом режиме, при заполнении электронных форм на основании собранных данных.

Столбец №5: Total Core Recovery (m) [Общий выход керна (TCR), м]

Записывается измеренная длина общего выхода керна (TCR) по геомеханическому интервалу. Общий выход керна определяется процентным отношением длины извлеченного керна (включая как цельный, так и разрушенный керн) к общей длине рейса.

Извлечение керна следует зафиксировать для каждого рейса и затем суммировать по выделенному геомеханическому интервалу. Хотя сама эта величина выражается в процентах, в полевом журнале документирования должна быть зафиксирована длина керна в метрах, а процент рассчитывается позже – с использованием электронной таблицы, прилагаемой к отчету. Рекомендуется убедиться, что полученная 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 кернаприемнике 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 керна в ящике заметно превышает длину рейса, сократите длину керна до реальной длины рейса. Помните, что в процентном отношении извлечение не может быть больше 100%.

Длина нарушенного керна или заполнителя должна оцениваться как его истинная длина в земле (НЕ в ящике для керна в разбросанном виде) и включается в состав суммарной протяжённости выноса.

Потери керна – важное свидетельство потенциально неблагоприятных инженерно-геологических условий, учитывая, что чаще всего они имеют место в слабых зонах или зонах сильной трещиноватости, что может быть существенно для определения свойств горной массы. Обломки или осыпавшиеся породы, попавшие в скважину и выданные на поверхность с керном, не относятся к выходу керна и должны быть удалены либо снабжены чёткой пометкой, во избежание последующих ошибок классификации.

Достаточно обычной является ситуация, когда керн частично проскальзывает сквозь кернаподъёмник и выпадает из кернаприёмной трубы. Эта проблема зачастую свидетельствует об изношенности или непригодности кернаподъёмника и о необходимости его замены. Керн должен фиксироваться в документах в соответствии с местом его предшествующего нахождения в земле. Это требует определённого истолкования, когда порода, вынесенная в рамках одного рейса, оказывается уронена, и её подъем производится в рамках следующего рейса. Значения выхода керна не должны превышать 100% для любого документируемого интервала. Керн, выбуренный в рамках предшествующего рейса, нередко можно идентифицировать по отметкам, проставленным при бурении или при работе с кернаподъёмником.

Во время документирования необходимо принимать меры к урегулированию любых несоответствий между данными, касающимися общего извлечения керна, прежде чем данные будут переданы в офис. В офисе урегулирование подобных несоответствий представляется более затруднительным.

Одна из причин возникновения несоответствий в TCR связана с элементами бурильных труб и иного бурового оборудования. Если для получения керна используются бурильные трубы и оборудование, где применена британская система мер, а фиксация глубин на буровых блоках производится в единицах метрической системы, существует риск накопления погрешности. Рейс длиной 10 футов соответствует 3,05 м в длину, однако на буровых блоках нередко отображается округлённая величина (т.е. 3 метра в длину). В таком случае, если порода качественная, суммарная длина выхода керна всегда окажется больше, чем значения, указанные на буровых блоках. Необходимо до начала бурения решить, какие буровые трубы будут использоваться – относящиеся к британской или к метрической системам, и если выбраны буровые трубы британской системы мер, необходимо согласовать этот момент с буровым мастером и с геологом участка и внести соответствующие уточнения в данные на буровых блоках в процессе бурения. Для подтверждения фактической длины инженер участка, геолог или технический специалист должен физически измерить некоторые из бурильных труб.

Столбец №6: Solid Core Recovery (m) [Цельный выход керна (SCR), м]

Данный параметр определяется как процентное отношение суммарной длины извлеченного керна в виде цельных цилиндров (длина куска L керна больше диаметра d керна) к длине рейса.

При документировании в полевой журнал записывается суммарная длина (в метрах) цельных ($L > d$) кусков керна. Процентное значение SCR рассчитывается при обработке в сводной электронной таблице, прилагаемой к отчету.

В ходе документирования быстрее и удобнее измерить длину нецельных кусков керна (обычно их длина в сумме меньше целой части) и вычесть их длину из общей длины извлеченного керна.

Столбец №7: RQD (m) [Качество породы (RQD), м]

Показатель качества пород определяется как процентное отношение суммарной длины цельных интервалов керна длиной более 10 см, каждый ограниченный естественными трещинами, к длине рейса.

При проведении описания необходимо измерить суммарную длину цельных кусков керна длиной более 10 см, ограниченных только естественными трещинами (Рис. 4). В полевом журнале документирования должна быть зафиксирована в метрах суммарная длина кусков керна длиной более 10 см. RQD в процентах рассчитывается после введения этих данных для обработки в электронную таблицу, прилагаемую к отчету. Схема корректного определения RQD представлена на рисунке (Рис. 5). Керна с открытыми трещинами, параллельными оси керна относятся к цельному керну (Рис. 4, Рис. 5); керна с

механическими трещинами, вызванными бурением и манипуляциями с керном, также принимается в качестве сплошного керна.

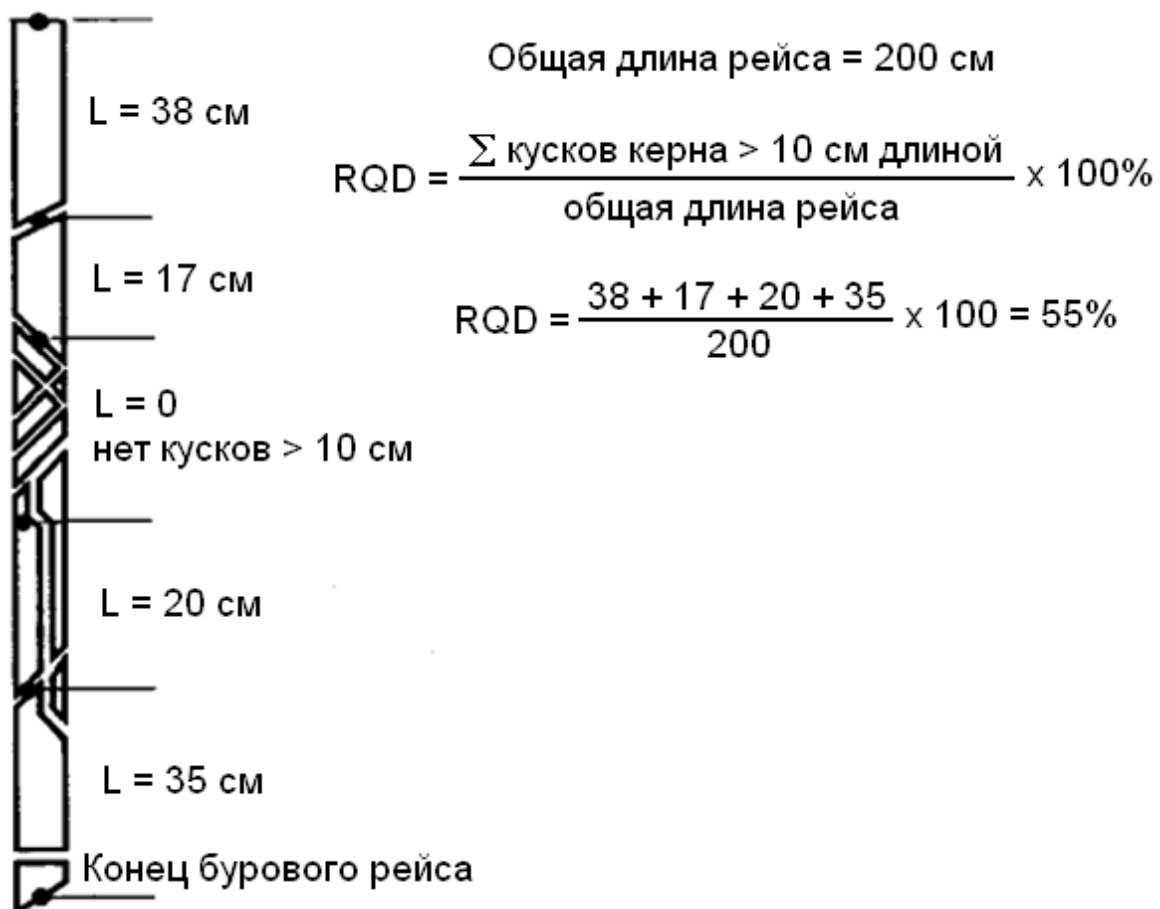


Рис. 4. Схема расчета RQD

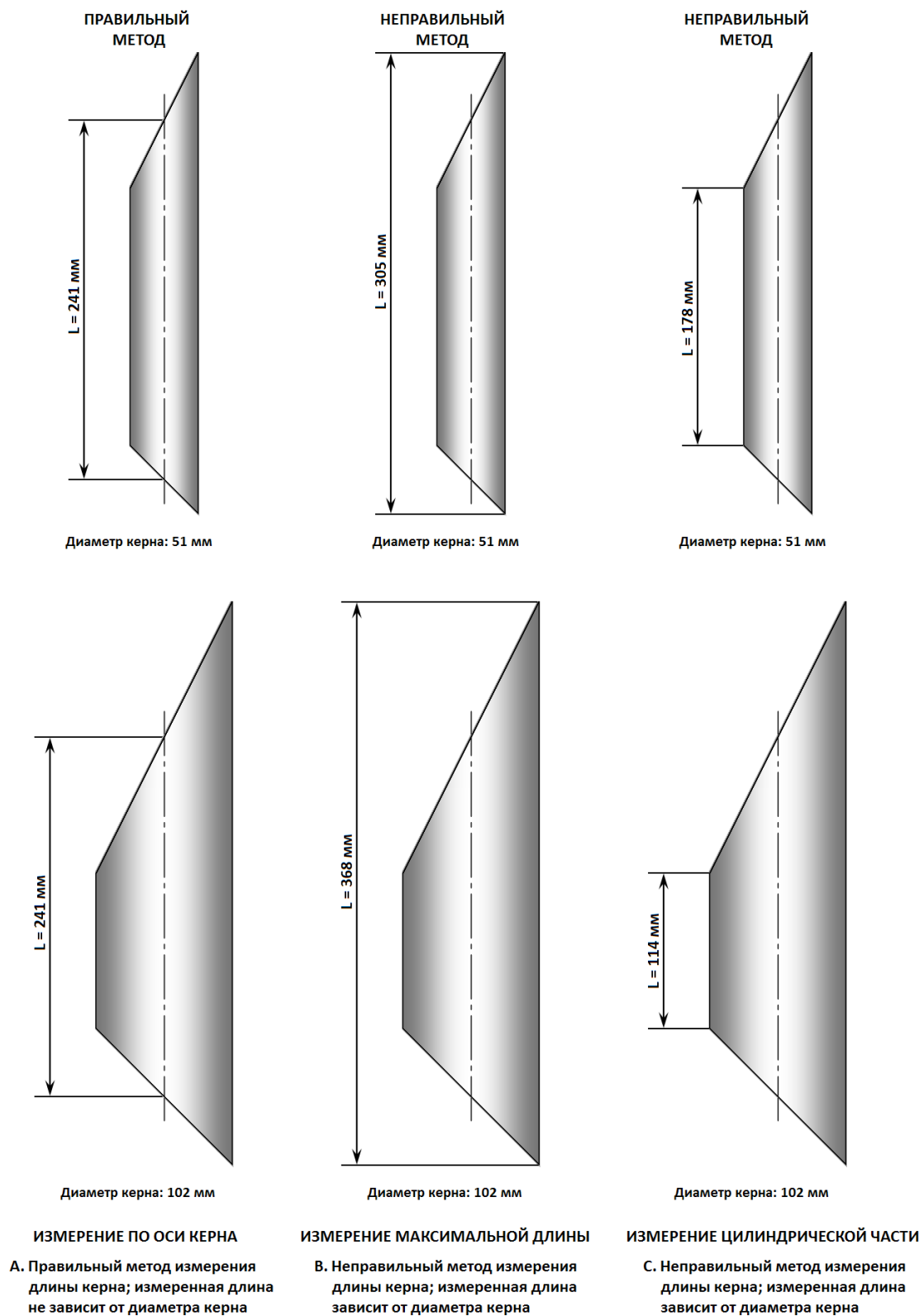


Рис. 5. Определение длины кусков керна для RQD



Рис. 6. Продольная трещина в керне



Рис. 7. Техногенная трещина

Столбец №8: RMR Zone [Это зона RMR?]

Является параметром отнесения описываемого интервала к скальному массиву.

Данный параметр имеет два значения:

YES (ДА) – принимается в том случае, если массив имеет свойства скальных пород;

NO (НЕТ) – принимается, если массив горных пород обладает близкими к почвам свойствами.

Столбец №9: Rock type [Сокращенная литология]

Указывается тип породы в интервале на основании стандартного набора литологических кодов для месторождения. Разломы, а также зоны разломов или дробления и прочие подобные зоны, следует выделять в качестве отдельных литологических единиц. Название и соответствующий код, используемые для идентификации типа породы, должно оставаться единообразным на протяжении всего проекта, во избежание недоразумений при идентификации геологических элементов. Единство применения номенклатуры обычно важнее, чем

абсолютная точность данной номенклатуры.

Столбец №10: Weathering [Выветривание]

Выветривание по породе должно быть зафиксировано в соответствии со стандартными кодами ISRM, представленными в таблице (Таблица 2), которые соответствуют вводным параметрам в основных системах классификации массивов горных пород.

Таблица 2

Выветривание

Степень выветривания	Код	Описание	Изменени е цвета нет	Состояние трещин	Характеристика поверхности
Невыветрелая (Unweathered)	UW	Отсутствие видимых признаков выветривания скальной породы	нет	Закрытые или с незначительным выцветанием	Без изменений
Слабое выветривание (Slightly weathered)	SW	Выцветание свидетельствует о выветривании скальной породы и поверхностей нарушений. Изменения затрагивают менее 5% горной массы.	<20% расстояний между трещинами и по обе стороны трещины	Выцветшие; возможно тонкое заполнение	Частичное выцветание
Умеренное выветривание (Moderately weathered)	MW	Распаду или измельчению до состояния грунта подверглось менее 50% от общего количества скальной породы. Имеющаяся молодая или подвергшаяся выцветанию порода иссушена и присутствует как сплошной каркас или как опорные камни. Обычно прочность породы снижена за счет	>20% расстояний между трещинами и по обе стороны трещины	Выцветшие; возможно мощное заполнение	Выцветание от частичного до полного; не осыпается, за исключением плохо сцементированных пород

Сильное выветривание (Highly weathered)	HW	<p>выветривания. Цвет породы может значительно измениться, обычно за счет окисления железа.</p> <p>Распаду или измельчению до состояния грунта подверглось более 50% от общего количества скальной породы. Имеющаяся молодая или подвергшаяся выцветанию порода присутствует как несплошной каркас или как опорные камни. Порода выветрена до такой степени, что проявляет свойства почвы, и ее прочность резко снизится при контакте с водой.</p>	Сквозное	Заполнение деформационными минералами	Порода крошится; возможна пористость, множество мелких ямочек и впадинок
Полное выветривание (Completely weathered)	CW	<p>Распаду или измельчению до состояния грунта подверглось 100% скальной породы. Первичная структура массы, тем не менее, в значительной степени сохраняет целостность.</p> <p>Порода сильно выветрена и превращена практически в почву, остатки исходной породы и структура практически не видны.</p>	Сквозное	Заполнение деформационными минералами	Напоминает грунт

Остаточные отложения (Residual Soil)	RS	Вся скальная порода преобразована в грунт. Скальная структура и материал разрушены. Значительное изменение объёма, однако существенных перемещений грунта не наблюдается.	Сквозное	Не применимо	Напоминает грунт
--------------------------------------	----	---	----------	--------------	------------------

Столбец №11: Water Condition [Обводнённость]

Определение степени обводненности керна производится по таблице (Таблица 3).

Таблица 3

Обводненность

Код	Описание
D	Dry: Сухая – без признаков влаги на поверхности трещины
M	Moist: Влажная – поверхность трещины влажная или сырая
W	Wet: Мокрая – по поверхности трещины течет вода

Столбцы №№ 12, 13, 14: Strength (strong) [Прочность (крепкие)]; Strong Rock Percentage (%); [Процент крепких пород, %]; Strength (weak) [Прочность (слабые)]

Прочность ненарушенной породы (IRS). Эта величина представляет собой 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 (Таблица 3). Средние величины ППОС, которые при этом должны быть представительными для всей единицы документирования, должны быть зафиксированы в журнале документирования. Часто документаторы 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. Для испытания потребуется перочинный нож и скальный молоток, также возможно применение карманного тестового карандаша и молотка Шмидта. Испытание необходимо проводить для каждого интервала. Подобный подход, основанный на наблюдении, позволяет получить экономически эффективную оценку прочности ненарушенной породы, при условии, что значения прочности проверены в рамках лабораторных испытаний.

В случае выявления вариаций прочности породы в пределах интервала документирования следует оценить и указать процентное соотношение слабых и прочных пород. В случае различий значений прочности породы в рамках инженерно-геологического интервала (например, 1 см глины трения), «усреднённая» прочность породы рассчитывается с учётом относительных объёмов различных материалов, присутствующих в пределах интервала.

Если прочность цельной породы является для того или иного проекта существенным фактором, необходимо проведение полевых испытаний точечным нагружением в рамках стандартной процедуры документирования в соответствии с предлагаемой ISRM методикой. Испытания точечным нагружением позволяют получить количественные замеры прочности породы, которые необходимы для заполнения пустоты, образующейся между качественным описанием характеристик породы (индекс прочности) и количественными требованиями некоторых инженерных оценок. Необходимо прилагать все возможные усилия к тому, чтобы испытания проводились на наиболее характерных образцах горной массы, а не на образцах, испытывать которые проще. Для определения анизотропии требуется выполнять как осевые, так и диаметральные испытания.

Рекомендуется проводить испытания ненарушенных пород на прочность в конце процесса документирования каждого геомеханического интервала, 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. Тест начинается с испытания породы на ударную прочность, затем продолжатся 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. Например, тектоническая брекчия, трещины, заполненные дробленным материалом. Для таких материалов используется классификация по прочности для почв, основанная на методе оценки ППОС, представленная в таблице (Таблица 4).

Таблица 4

Прочность горных пород и грунтов

Оценка	Код	Полевая идентификация	Ориентировочный диапазон значений прочности при одноосном сжатии в МПа
Зернистый грунт	G	Несвязный, сыпучий, зернистый грунт, песок	0
Очень мягкая глина	S1 (SCvs)	Лёгкое проникновение на несколько см нажатием кулака	<0,025
Мягкая глина	S2 (SCs)	Лёгкое проникновение на несколько см нажатием большого пальца	0,025 – 0,05
Твёрдая глина	S3 (SCf)	Возможно проникновение на несколько см нажатием большого пальца с умеренным усилием. Крошится при незначительном надавливании ногтем	0,05 – 0,1 (Показания портативного пенетromетра <1,0)
Среднепластичная глина	S4 (SCst)	Ноготь легко оставляет вмятины, однако для проникновения нужно значительное усилие. Крошится при умеренном надавливании ногтем	0,10 – 0,25 (Показания портативного пенетromетра 1,0 – 2,5)
Тугопластичная глина	S5 (SCvst)	Ноготь легко оставляет вмятины	0,25 – 0,50
Очень плотная глина	S6 (SCh)	Ноготь с трудом оставляет вмятины	>0,50
Крайне непрочная порода	RO	Крошится ногтем. Ноготь оставляет вмятины	0,25 – 1,0 (Показания портативного пенетromетра >2,5)
Очень непрочная порода	R1	Крошится под точными ударами острием геологического молотка; тонкий слой срезается перочинным ножом. Материал крошится от крепкого удара геологического молотка, ему можно придать форму ножом.	1,0 – 5,0 (Портативный пенетromетр не оставляет вмятин)
Непрочная порода	R2	Тонкий слой срезается перочинным ножом с трудом, точные удары острием геологического молотка оставляют неглубокие вмятины. Материал режется ножом, но слишком крепок, чтобы разрезать его на цилиндрические образцы	5 – 25

Умеренно прочная порода	R3	Соскабливание или срезание тонкого слоя перочинным ножом невозможно; при единичном точном ударе геологическим молотком возможно образование трещины или разлома. Крепкий удар геологического молотка оставляет отметины до 5 мм, нож царапает поверхность (бетон около 35 МПа)	25 – 50
Прочная порода	R4	Для образования трещины требуется более одного удара геологическим молотком. Образцы, удерживаемые в руке, ломаются одним ударом геологического молотка.	50 – 100
Очень прочная порода	R5	Для образования трещины требуются многократные удары геологическим молотком. Для того, чтобы сломать образец ненарушенной породы, требуется множество ударов геологического молотка	100 – 250
Исключительно прочная порода	R6	При ударах геологическим молотком возможны лишь сколы. Материал только откалывается под повторяющимися ударами геологического молотка, звенит при ударах	> 250

Столбец №15: Defect Sets [Количество систем] (Joint Set Number Jn)

Указывается количество систем трещин, которое определяется в соответствии с таблицей (Таблица 5).

Таблица 5

Количество систем трещин

Код М	Jn 0.5	Описание Нет трещин	Код 2R	Jn 6	Описание 2 системы + случайные
R	1	Случайные трещины	3	9	3 системы
1	2	1 система	3R	12	3 системы + случайные
1R	3	1 система + случайные	4	15	4 или более систем
2	4	2 системы	CZ	20	Зона дробления

Система трещин означает серию систематически возникших трещин, в целом имеющих одинаковую ориентацию и инженерно-геологические характеристики. Проанализируйте различные системы трещин в рамках инженерно-геологического интервала и запишите значение в соответствии с таблицей (Таблица 5). Примеры: Одна система соответствует одной чёткой ориентации трещины, как, например, напластование или сланцеватость. Две системы указывают на присутствие двух чётких ориентаций трещин; в таком случае присваивается значение J_n , равное четырём. Для зон мелкого камня и / или глины устанавливается значение J_n , равное 20.

Нередко точная оценка количества систем отдельностей (J_n) при анализе бурового керна представляется затруднительной в силу уклона ориентации скважины. Система отдельностей, параллельная или почти параллельная ориентации буровой скважины, окажется в недостаточной степени представлена в данных. Влияние уклона ориентации скважины на оценку количества систем отдельностей проиллюстрировано на рисунке (Рис. 8).

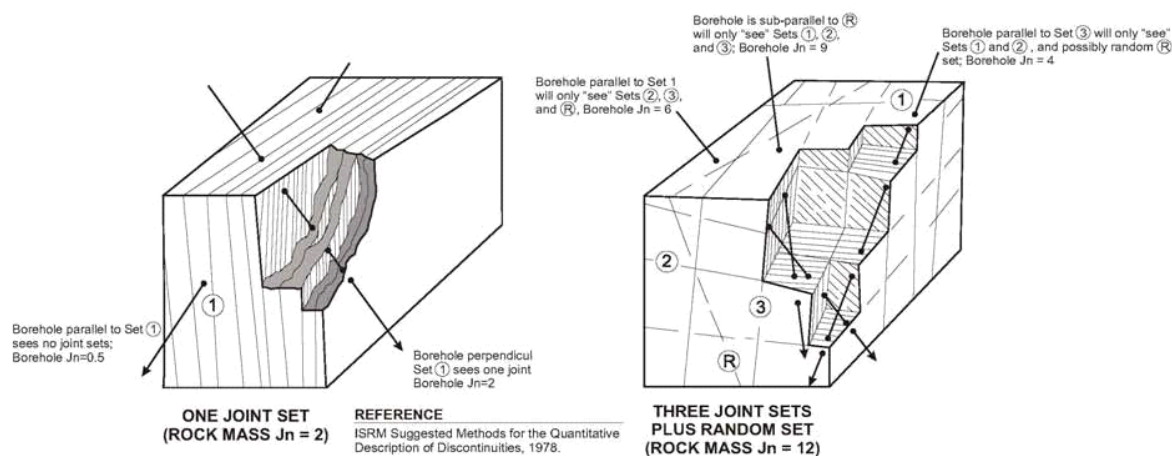


Рис. 8. Схемы определения трещиноватости при бурении

Инженер, геолог или полевой технический специалист должен осознавать возможность подобной ошибки. По возможности необходимо составлять карты обнажений, которые позволят собрать вспомогательную информацию в дополнение к данным, полученным на основе ориентированного или неориентированного бурового керна.

Столбцы №№ 16, 23, 30: Joint count [Количество трещин]

Подсчет открытых трещин. Для каждого геомеханического интервала необходимо подсчитать количество естественных трещин, относя их к одной из трех групп, в зависимости от их ориентировки к оси керна. Все естественные трещины разделяются на три группы по углу к оси керна (Рисунок 9): от 0° до 30° (J_1), от 30° до 60° (J_2) и от 60° до 90° (J_3), после чего определяется

суммарное количество трещин для каждой группы. Причем это необходимо сделать независимо от того, был ли ориентирован керн или нет. Более подробное и точное описание ориентации трещин затем будет проведено в ходе процедуры структурного документирования. 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 MRMR (Laubscher).

Подсчет открытых трещин позволяет определить размер основного блока пород и количество систем трещин. Это просто подсчет всех открытых естественных трещин в ненарушенном керне в интервале документирования. Ранее эти трещины должны были уже быть промаркированы, при этом искусственные трещины не учитываются в ходе подсчета. Подсчет открытых трещин позволяет оценить параметры «Расстояние между трещинами» и «Частота открытых трещин» (OJF/m). Параметр OJF/m представляет количество открытых трещин, приходящееся на 1 м керна, и также рассчитывается автоматически с помощью базы данных электронных таблиц Эксель (Excel).

Зоны дробления

Часто специалист, производящий документирование, испытывает затруднения при интерпретации зон сильной трещиноватости, где породы кажутся полностью разрушенными. В таких случаях специалисты, производящие документирование, предпочитают вообще не фиксировать наличия каких-либо трещин в таких зонах, что приводит к значительному завышению качества массива пород в этих зонах. Если нет возможности реально подсчитать отдельные трещины из-за высокой раздробленности породы, 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 по крайней мере с 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.

На рисунке (Рис. 9) представлен пример оценки количества трещин для зон дробления. Керн в отмеченном 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 ($120 \text{ см} / 2 \text{ см} = 60$).



Рис. 9. Интерпретация 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 длину зоны дробления для нанесения этих структур на разрезы, построенные по данным геомеханической интерпретации.

Столбцы №№ 17, 24, 31: Macro Rough [Макрошероховатость] (форма трещины)

Макрошероховатость. Данный параметр чаще всего относится только к трещинам первой категории (от 0° до 30° (J1)), так они наиболее протяженные, и определяется по таблице (Таблица 6).

Таблица 6

Макрошероховатость

Код	Описание
1	Прямая
2	Слегка волнистая
3	Изогнутая
4	Волнистая однонаправленная
5	Волнистая разнонаправленная
-1	Не описано
-2	Не требуется



Рис. 10. Пример трещины первой категории

Столбцы №№ 18, 25, 32: Micro Rough [Микрошероховатость]

Микрошероховатость – это мелкомасштабные шероховатости на поверхностях трещин. Этот параметр важен для определения предела прочности трещины или структуры и ее способности к скольжению. Данный параметр должен быть записан путем присвоения ему одного из девяти кодов, которые были разработаны, исходя из трех основных типов форм и текстур контактов (Таблица 7). Для занесения и правильной интерпретации параметров в базе данных необходимо определить только один параметр для описания контакта. Не допускается присвоение породе нескольких кодов.

Таблица 7

Микрошероховатость

Код	Описание
1	Плоская отполированная
2	Гладкая плоская
3	Плоская шероховатая
4	Волнистая с зеркалами скольжения
5	Гладкая волнистая
6	Волнистая шероховатая
7	Ступенчатая с зеркалами скольжения
8	Гладкая ступенчатая
9	Ступенчатая шероховатая / беспорядочная
-1	Не описано
-2	Не требуется

Это стандартные коды для описания шероховатости, были разработаны Бартоном, а позже Лабшер присвоил им относительные значения (1990). Коды шероховатости для правильного определения этого параметра указываются на легенде к описанию. Примеры поверхностей шероховатости в оригинальном размере длина линии 10 см указаны на рисунке (Рис. 12).

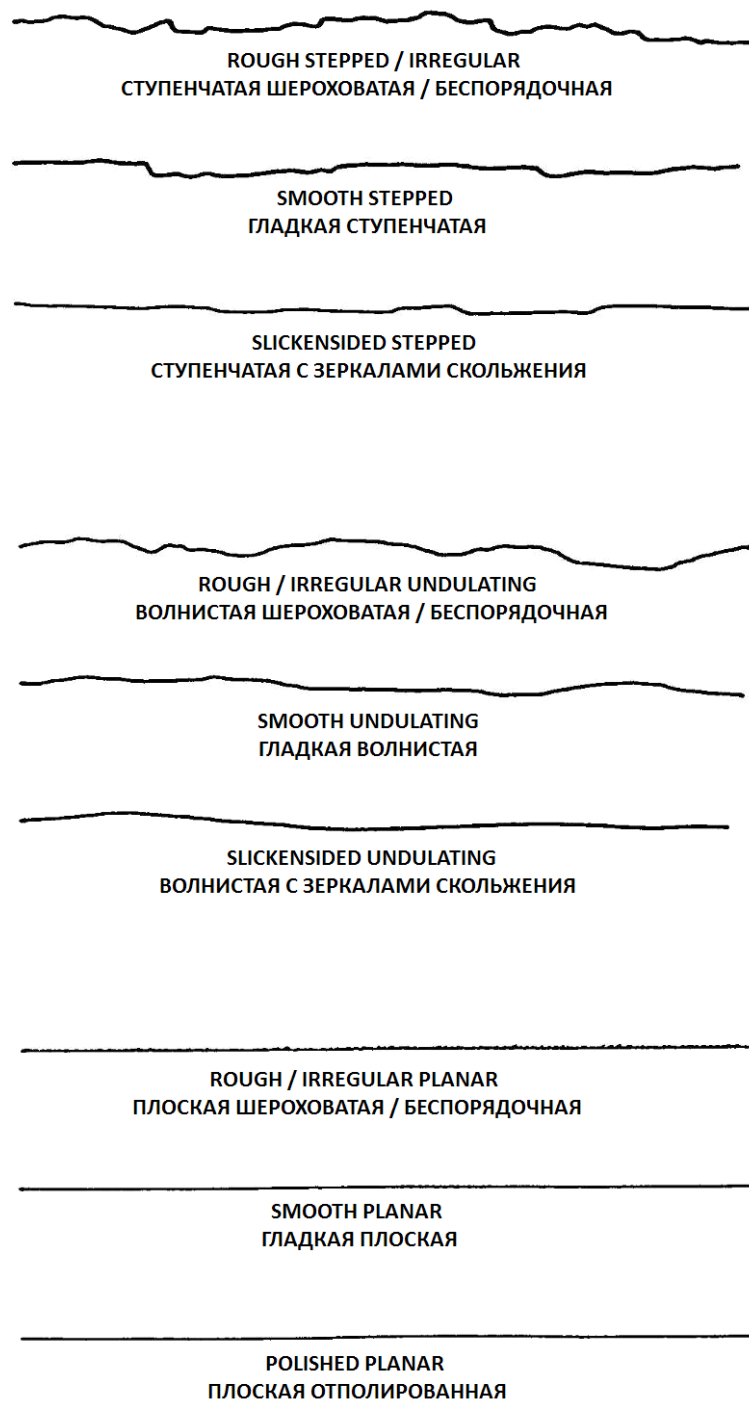


Рис. 11. Шаблон определения микрошероховатости

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 (Рис. 12) иллюстрируют

некоторые типичные примеры вышеописанных типов шероховатостей, как они выглядят в керне.

	
Ступенчатая с зеркалами скольжения	Ступенчатая шероховатая
	
Волнистая с зеркалами скольжения	Волнистая шероховатая
	
Плоская с зеркалами скольжения / отполированная	Плоская шероховатая

Рис. 12. Примеры шероховатости поверхностей трещин керна

Столбцы №№ 19, 26, 33: Infill Lithology [Литология заполнителя]

Литология заполнения трещин определяется с использованием таблицы (Таблица 8).

Таблица 8

Тип заполнителя

Код	Описание	Код	Описание	Код	Описание
NON	нет заполнения	GN	гранат	MT	магнетит
AC	актинолит	GO	гетит	MU	мусковит
AD	адуляр	GR	графит	OL	хризолит

AL	алунит	GS	гибент, гидраргиллит	PA	авгит
AM	амфибол	GU	грюнерит	PD	диопсид
AN	андалузит	GY	гипс	PE	энстатит
AY	ангидрит	HB	роговая обманка	PG	флюгопит
BA	барит	HM	гематит	PL	плагиоклаз
BT	биотит	IM	ильменит	PO	ортопироксен
CA	карбонат	IT	иллит	PX	пироксен
CD	доломит	JA	ярозит	QA	аметист
CH	хлорит	KA	каолинит	QZ	кварц
CL	кальцит, известковый шпат	KF	калиевый полевой шпат	RH	родохрозит
CP	клинопироксен	LE	лейкоксен	RU	рутил
CR	хризотил	LI	лимонит	SC	халцедон
CY	глина	MA	малахит	SD	сидерит
DI	диксит	ME	мелантерит	SE	серицит
EP	эпидот	MF	фуксит	SI	кремний
FB	альбит	MG	магнезит	SM	смектит
FL	флюорит	MH	маггемит	SN	сфен
FP	полевой шпат	MI	слюда	TA	тальк
FT	форстерит	MN	оксид марганца	TO	турмалин

Столбцы №№ 20, 27, 34: Infill Strength [Прочность заполнения]

Тип заполнения трещин влияет на предел прочности трещины на сдвиг. Предел прочности трещины на сдвиг зависит от размера зерен, прочности заполнения, и того, рассланцованный или нет материал заполнения. В таблице (Таблица 9) 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 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 геомеханического интервала 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.

Прочность заполнителя

Описание минерального заполнения		Код
Крупнозернистый	Твердый материал	NSC
Среднезернистый		NSM
Тонкозернистый		NSF
Крупнозернистый	Мягкий истертый материал (например, тальк)	SSC
Среднезернистый		SSM
Тонкозернистый		SSF
Мощность заполнения трещины меньше амплитуды шероховатости ее поверхности		GLT
Мощность заполнения трещины больше амплитуды шероховатости ее поверхности		GGT
Отсутствует		NON
Не описано		NL
Не требуется		NR

Некоторые из этих типов заполнения требуют дополнительных пояснений: коды GGT и GLT относятся к рассланцованному заполнению, такому как глинистый материал. Здесь важно зафиксировать, меньше или больше мощность амплитуды (волнистость) открытой трещины по сравнению с мощностью 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. Рисунок 12 дает общее представление об амплитуде трещины.

Столбцы №№ 21, 28, 35: Infill width (mm) [Мощность заполнения, мм]

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.

Столбцы №№ 22, 29, 36: JWS [Прочность стенок трещины]

Этот параметр определяет относительную прочность стенок трещины по сравнению с прочностью ненарушенной породы. Следующие коды, представленные в таблице (Таблица 10), предназначены для категорий, принятых в классификации Лабшера.

Коды прочности стенок трещины

Код	Описание
0	Прочность стенки = прочность породы (часто)
1	Прочность стенки < прочность породы (редко)
2	Прочность стенки > прочность породы (редко)

Если изменения стенок трещин не слишком распространены на месторождении, то в большинстве случаев прочность стенок трещины будет совпадать с прочностью вмещающих пород. В таком случае следует использовать при описании код “1”.

Подсчет залеченных трещин

Присутствие залеченных трещин оказывает влияние на прочность породы в том случае, когда прочность материала заполнения ниже прочности вмещающих пород. В данном случае требуется подсчет числа закрытых и залеченных материалом заполнения трещин. Под залеченными трещинами понимаются трещины с мощностью материала заполнения более 1 мм, которые не попадают в категорию «Открытых трещин». Следует указывать тип материала заполнения (цемента) (например, серпентин, тальк, кальцит). Параметр «Частота залеченных трещин» (CJF/m) представляет число залеченных трещин на метр (керн).

Столбец №37: Примечания

Поле комментариев должно содержать информацию, которую трудно представить в количественной форме. Это может быть информация о трудностях, возникших 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.).

V. ПРОЦЕДУРА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Весь керн должен быть сфотографирован для будущего учета. Фотографирование керна позволяет получить постоянную запись, с которой легко сверяться, и визуальное подкрепление геологических и инженерно-геологических данных, собранных при документировании керна.

Фотографирование керна следует вести в рамках всех изыскательских работ и программ инженерно-геологического бурения. Затраты на фотографирование керна минимальны по сравнению с затратами на алмазное бурение. Необходимо обеспечить фотографирование влажного керна, и в идеале желательно иметь фотографии керна как во влажном, так и в сухом состоянии. Фотографирование керна следует производить вскоре после помещения керна в ящики, либо, в идеале, по месту нахождения буровой установки до помещения в ящики, а затем повторно уже после помещения в ящики, в более контролируемой среде (освещение, составление кусков, смачивание керна).

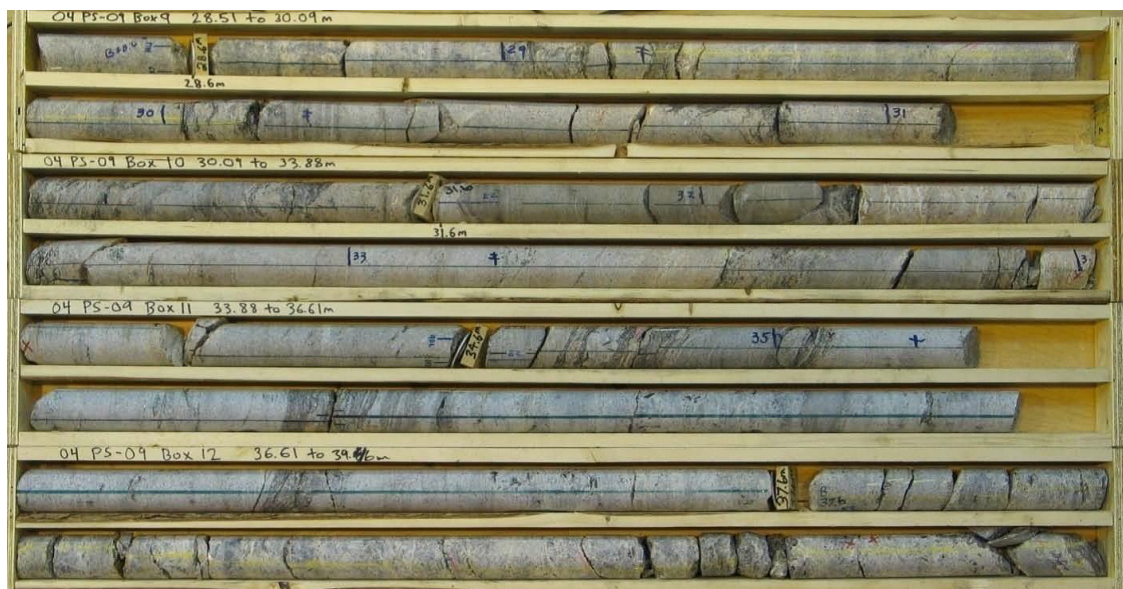


Рис. 13. Пример фотографии сухого керна

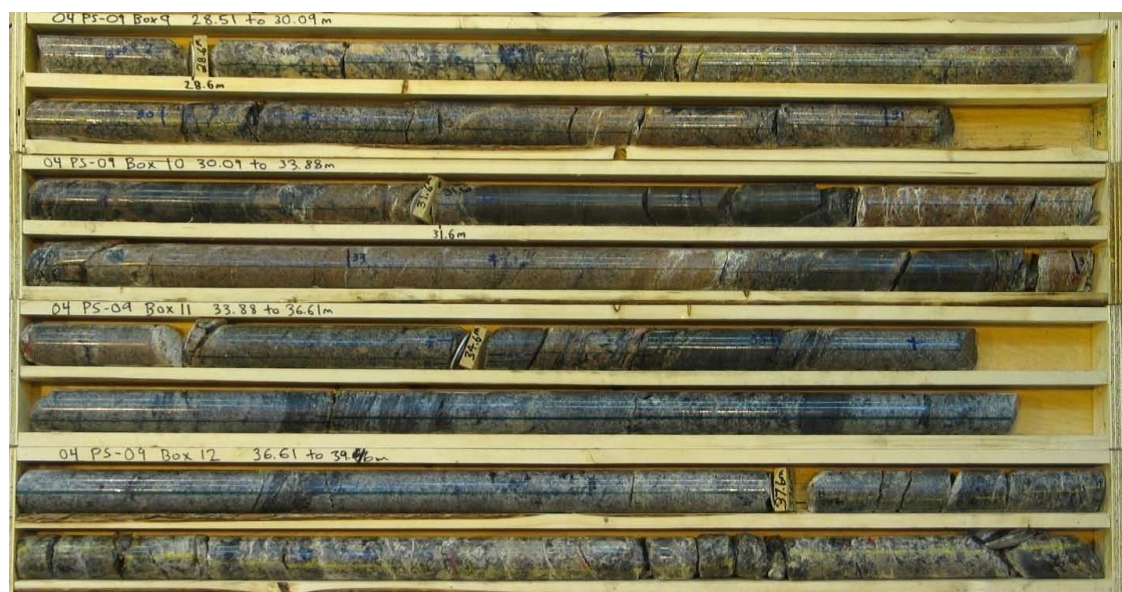


Рис. 14 Пример фотографии влажного керна

В идеале керн должен быть сфотографирован, когда он находится в V-образных уголках-направляющих, до начала документирования керна, когда любые искажения, вызванные повреждением керна, минимальны. Причем идентификационный номер скважины и обозначение границ интервала бурения «От» и «До» должны быть видны на фотографии. Дополнительно керн следует сфотографировать в керновом ящике.

Следует использовать цифровую фотокамеру с минимальным разрешением 5 мегапикселей. Каждый ящик следует фотографировать на отдельном 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 (лучше рано утром или после обеда, чем в полдень, если используется солнечный свет). Наилучшая альтернатива съёмке в помещении - фотографирование под белым навесным тентом, который позволит отфильтровать прямые солнечные лучи и создаст подходящую заднюю подсветку.

Всегда следует сфотографировать керн прежде, чем пилить его.

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.

Для оценки цвета керна к фотографиям всегда должна прилагаться стандартная цветовая диаграмма Kodak. Лучше всего помещать цветовую диаграмму в угол маркерной доски.



Рис. 15 Цветовая диаграмма

Для масштаба положите рулетку или метровую линейку вдоль ящика.



Рис. 16. Фото керна с мерной рулеткой

Если Вы используете цифровой фотоаппарат, следует регулярно скачивать фотографии, переименовывать их и сохранять на резервных носителях. При присвоении названий фотографиям ящиков с керном рекомендуется придерживаться следующих правил: указывать тип и номер

скважины, дату бурения, глубину или интервал керна.

Пример названия файла: **M2008-GT-01_000.00-003.00m_dry.jpg**

- M2008 - РАБОЧАЯ ПЛОЩАДКА ПРОЕКТА, год (2008);
- GT-01 = Инженерно-геологическая (Geo-Technical – GT) скважина, номер скважины (01);
- 000.00-003.00 m_dry = Глубина от... до... в метрах (m) и указание на то, сухой (dry) или влажный (wet) материал сфотографирован.

VI. УПРАВЛЕНИЕ БАЗОЙ ДАННЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ

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

Контролирующий документирование геолог должен обеспечивать качество, как самого документирования, так и конечной электронной базы данных. Процедура контроля качества (QAQC) должна включать в себя проверку и корректировку:

- несогласованностей,
- ошибок набора при вводе,
- пропуска информации,
- перекрывания геомеханических интервалов, интервалов, 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 оценки 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.

VII. ПРОЦЕДУРА ДЕТАЛЬНОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА

Ориентирование керна всегда является сложной процедурой, которая должна проводиться с чрезвычайной точностью, а специалист должен обладать хорошим знанием процедуры ориентирования керна и контролировать бурение с предельной тщательностью.

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 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 (Рисунок 17).

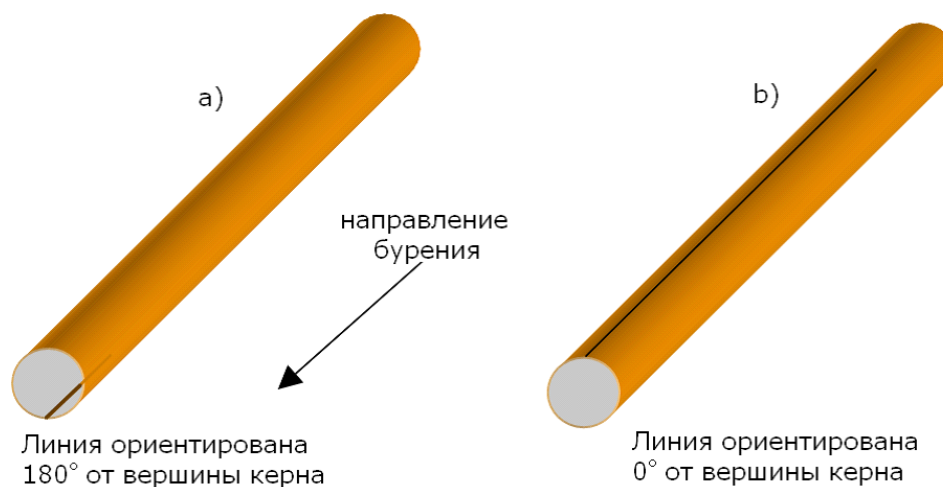


Рис. 17 Линия ориентирования керна

4) Альфа угол трещины – это минимальный угол между вектором максимального наклона плоскости трещины и осью керна. Или, другими словами, максимальный угол наклона трещины относительно оси керна (Рисунок 16).

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 рисунках (Рисунок 18 и Рисунок 19) показаны принципы ориентирования и порядок измерения углов Альфа и Бета.

Таблица 11

Структурное геомеханическое описание ориентированного керна

СТРУКТУРНОЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КЕРНА					СКВ. ОПИСАЛ_____			ДАТА_____			
ГЛУБИ НА (М)	ТИП НАРУ ШЕНИ Я	ТИП ПОРОД Ы	АЛРН А	ВЕТ А	МИКРО ШЕРОХО ВАТОСТ Ь	ШИРИН А ЗАПОЛН ЕНИЯ (ММ)	ПРОЧ НОСТ Ь ЗАПО ЛНЕН ИЯ	ПРОЧН ОСТЬ СТЕНО К	ПРАВИ ЛЬНОС ТЬ ОРИЕН Т.	КОЛИЧЕСТ ВО ТРЕЩИН В ЗОНЕ ДРОБЛЕНИ Я	ПРИМЕЧАН ИЯ

Глубина трещины

Фиксируется вниз по скважине (в метрах).

Тип нарушения

ТИП НАРУШЕНИЯ	
Код	Описание
JT	Трещина
CJ	Залеченная трещина
BD	Слоистость, полосчатость
CB	Залеченная слоистость, полосчатость
CO	Контакт
FA	Разлом
FZ	Зона разлома
FR	Дробление
TZ	Зона дробления
SH	Сдвиг
SZ	Зона сдвига
CZ	Зона разрушения
VN	Жила
BX	Брекчирование
BU	Будинаж

Тип породы

Определяется в соответствии с принятыми литологическими кодами.

Угол альфа ALPHA

Альфа угол трещины – это минимальный угол между вектором максимального наклона плоскости трещины и осью керна.

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.

Угол бета БЕТА

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 рисунках (Рисунок 18 и Рисунок 19) показаны принципы ориентирования и порядок измерения углов Альфа и Бета.

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:

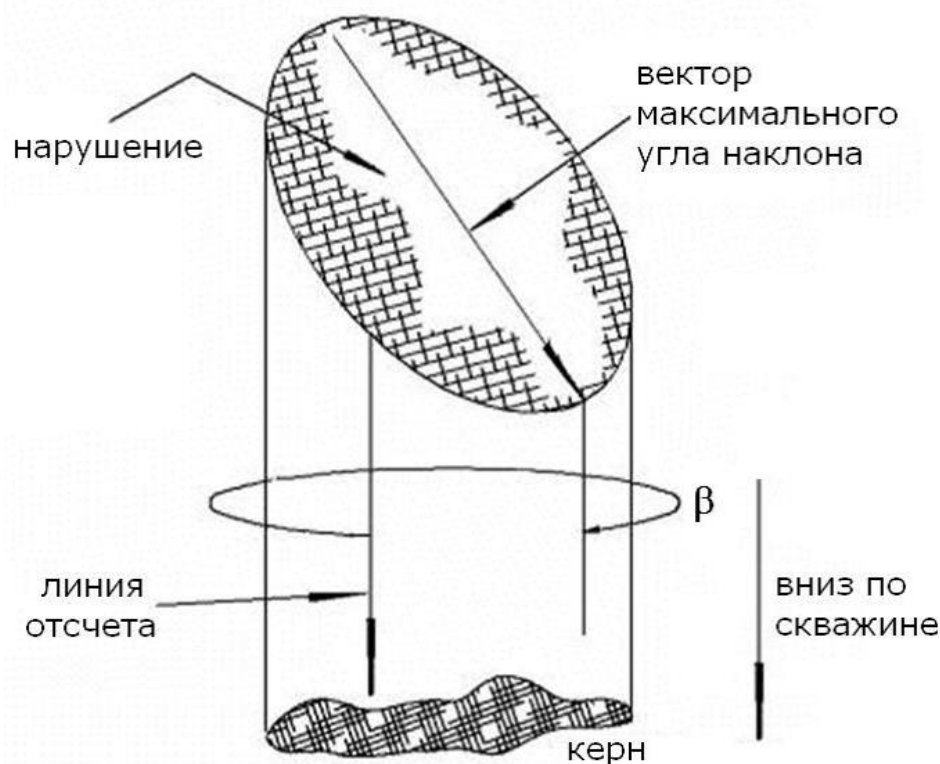


Рис. 18. Определение угла Бета при ориентированном керне



Рис. 19. Определение углов Альфа и Бета при ориентированном керне

Микрошероховатость

См. описание керна 4.17 Столбцы №№ 18, 25, 32: Micro Rough [Микрошероховатость].

Микрошероховатость – описание поверхности	Кодовое обозначение
Шероховатая, ступенчатая	9
Гладкая, ступенчатая	8
Отполированная, ступенчатая	7
Шероховатая, волнистая	6
Гладкая, волнистая	5
Отполированная, волнистая	4
Шероховатая, плоская	3
Гладкая, плоская	2
Плоская, с зеркалами скольжения	1
Не описана	-1
Не требуется	-2

Ширина заполнения

Величина, характеризующаяся как истинная мощность, измеренная перпендикулярно простиранию структуры.

Прочность заполнения трещин

См. описание керна 4.19 Столбцы №№ 20, 27, 34: Infill Strength [Прочность заполнения]

Код заполнения	Название заполнения	
NSC	Твердый материал	Крупнозернистый
NSM		Среднезернистый
NSF	Мягкий истертый материал (например, тальк)	Тонкозернистый
SSC		Крупнозернистый
SSM		Среднезернистый
SSF		Тонкозернистый
GLT	Толщина заполнения < Амплитуды трещины	
GGT	Толщина заполнения > Амплитуды трещины	
NON	Нет заполнения	
NL	Не описано	
NR	Не требуется	

Прочность стенок трещин

Код	Описание
0	Прочность стенки = прочность породы
1	Прочность стенки < прочности породы
2	Прочность стенки > прочности породы

См. описание керна Столбцы №№ 22, 29, 36: JWS [Прочность стенок трещины]

Правильность ориентирования

Контролирующий геолог на буровой должен оценить, насколько хорошо согласуются линии ориентирования последовательных рейсов керна. В обязанности контролирующего геолога на буровой также входит задача анализа и интерпретации данных для определения наиболее достоверных линий ориентировки. полагает, что линия ориентировки по меньшей мере трех ориентированных рейсов керна должны совпадать в пределах погрешности менее 5 градусов.

VIII. КОЛИЧЕСТВО ТРЕЩИН В ЗОНЕ ДРОБЛЕНИЯ

Часто специалист, производящий документирование, испытывает затруднения при интерпретации зон сильной трещиноватости, где породы кажутся полностью разрушенными. Основываясь на обширном опыте других проектов, специалисты SRK отмечают, что в таких случаях специалисты, производящие документирование, предпочитают вообще не фиксировать наличия каких-либо трещин в таких зонах, что приводит к значительному завышению качества массива пород в этих зонах. Если нет возможности реально подсчитать отдельные трещины из-за высокой раздробленности породы, 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 по крайней мере с 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.

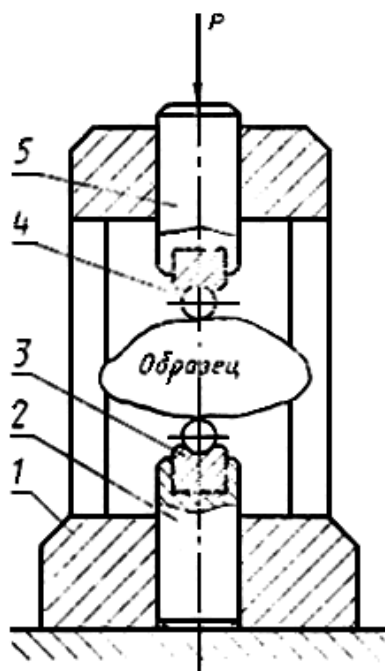
Зоны дробления могут также служить индикаторами наличия разломов. При детальном документировании должно быть зафиксировано присутствие зон дробления, а при основном структурном документировании необходимо отдельно зафиксировать длину зоны дробления для нанесения этих структур на разрезы, построенные по данным геомеханической интерпретации.

IX. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ ТОЧЕЧНОМ НАГРУЖЕНИИ

Испытание точечным нагружением предназначено для прочностной классификации скальных породы. Также оно может служить для прогнозирования иных параметров прочности, с которыми оно коррелируется, в частности, предела прочности при одноосном растяжении и предела прочности на сжатие.

Метод предназначен для исследовательских и массовых испытаний горных пород в лабораторных и полевых условиях с целью определения предела прочности при одноосном растяжении в направлении, перпендикулярном к слабейшему сечению, проходящему через ось нагружения образца.

Сущность метода заключается в измерении разрушающей силы, приложенной к образцу через стальные встречно направленные сферические инденторы.



1 - корпус; 2 - нижний шток; 3 - вкладыш; 4 - индентор; 5 - верхний шток

Испытания производятся в соответствии с ГОСТ 21153.3-85 и рекомендациями ISRM: Point load testing procedures.

Учитывая, что данное испытание расценивается как наиболее простое и практичное для полевой классификации скальных пород, требования к размеру и форме образцов, количеству испытаний и т. д. при необходимости можно ослабить, если требуется преодолеть те или иные практические ограничения.

Однако о модификациях такого рода обязательно нужно чётко сообщать в отчёте.

В большинстве случаев рекомендуется получить хотя бы относительно надёжные значения прочности, нежели не получить вообще никаких. В частности, порода нередко оказывается слишком раздробленной или вязкой, чтобы получить образцы идеальной формы и размера, либо в наличии имеется ограниченное её количество, например, когда цель испытания – определить прочность бурового керна. При документировании керна концепция «образца» имеет не самое существенное значение, и испытания зачастую проводятся с произвольным интервалом глубины, например, один тест через каждый метр или через каждые три метра, в зависимости от очевидных различий или, наоборот, единообразия прочности керна, а также от общей длины керна, подлежащего испытаниям на прочность.

Виды лабораторных испытаний

Для определения физико-механических свойств пород обычно выбирают следующие виды лабораторных испытаний:

- Определение предела прочности при одноосном сжатии - UCS (также определение модуля Юнга и коэффициента Пуассона);
- Определение предела прочности на растяжение (Бразильский метод) - UTS;
- Определение предела прочности при срезе со сжатием - CCS;
- Испытание пород на трехосное сжатие - TXT;
- Испытание на сдвиг по плоскости распила - SCS;
- Испытание на сдвиг по естественным трещинам – SOJ;

Определение скорости прохождения продольных и поперечных волн (V_p и V_s) по каждому образцу из видов испытаний UCS, UTS и TXT.

В ходе проведения испытаний необходимо определять плотность и пористость каждого образца из видов испытаний UCS, UTS и TXT.

Также необходимо определять влажность образцов. Если породы содержат низкое значение влажности (и не отличаются друг от друга значительно), то можно проводить определение влажности выборочно. Такое решение необходимо принимать непосредственно в лаборатории, оценив все имеющиеся образцы.

Количество образцов

Необходимый набор образцов определяется непосредственно на месте бурения скважины из расчета по 5-7 образцов на одноосное сжатие и растяжение и по 3 на остальные виды испытаний из **каждой литологической**

разности. Следует помнить, что физико-механические свойства пород могут меняться с глубиной, поэтому следует считать одну и ту же литологию на разной глубине отдельной.

Параметры образцов

Образцы для всех испытаний должны быть монолитными (для испытания SOJ с одной трещиной) и по мере возможности не иметь микродефектов.

Предел прочности при одноосном сжатии (UCS) и растяжении (UTS)

Для проведения испытаний на одноосное сжатие (UCS) и растяжение (UTS) желательно использовать один образец, который в лаборатории будет разделен (распилен) на две пробы. Длина пробы для испытания на одноосное сжатие должна быть не менее 2,5 диаметров керна, и длина пробы для испытания на растяжение должна быть не менее 2,5 диаметра керна. Следовательно, длина образца, отбираемого для проведения испытаний на одноосное сжатие и растяжение (UCS+UTS) должна быть не менее 5 диаметров керна. Соответственно при бурении диаметром HQ (кern 63,5 мм) длина образца на одноосное сжатие и растяжение (UCS+UTS) должна быть не менее 300 мм. Пример отобранного образца приведен на рисунке ниже (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

При невозможности отобрать образец длиной, необходимой для проведения двух видов испытаний допускается отбор отдельных образцов на каждый вид (2 образца длиной не менее 2,5 диаметра керна каждый). Необходимо помнить, что такие образцы следует отбирать в непосредственной близости друг от друга.

Предел прочности при срезе со сжатием (CCS)

Для проведения испытаний на срез со сжатием (CCS) желательно использовать образец, который в лаборатории будет разделен (распилен) на пробы. Длина пробы для испытания на срез со сжатием должна быть не менее 1 диаметра керна. Следовательно, длина образца, отбираемого для проведения испытаний должна быть не менее 15 диаметров керна.

Испытание на трехосное сжатие (THT)

Длина образца (пробы) для проведения объемного (трехосного) сжатия (THT) должна быть не менее 2,5 диаметров керна. При необходимости, можно отпилить образец от большого куска керна.

Испытание на сдвиг по распилу (SCS)

Для проведения испытания на сдвиг по плоскости распила (SCS) необходим образец (проба) длиной не менее 2,5 диаметров керна. Необходимо

отметить, что образец должен быть монолитным, а распил будет сделан позже в лаборатории.



Рис. 20: Пример образцов для испытаний UCS+UTS

Испытание на сдвиг по естественной трещине (SOJ)

Для проведения испытания на сдвиг по естественной трещине необходимо отбирать образцы, имеющие одну открытую трещину. Трещина не должна иметь маленький угол к оси керна ($\sim 60^\circ$). Пример такого образца приведен на рисунке ниже (Рис. 21).



Рис. 21: Пример образцов для испытаний SOJ

Упаковка образцов

Образцы следует отбирать сразу после документирования керна.

После того, как все пробы отобраны и их глубины зафиксированы, эти пробы следует сфотографировать и немедленно завернуть (Рис 21) в несколько слоев облегающей пленки (в качестве первого шага упаковки).

Затем необходимо туго обернуть пробу алюминиевой фольгой (Рис. 22) или упаковочной бумагой. Первую этикетку с указанием номера пробы, номера скважины, глубины пробы (от - до), необходимых испытаний и литологической характеристики следует поместить свободно под пленкой, а вторую прикрепить к образцу скотчем. Этикетка должна быть разборчивой и водостойкой, очень важно обеспечить ее удобочитаемость.

Для транспортировки проб необходим удобный прочный ящик. Им может служить деревянный керновый ящик с обеспечением дополнительно

амортизации проб. Очень важно обеспечить, чтобы каждый образец был закреплен, неподвижен и хорошо защищен от возможных повреждений. Для обеспечения целостности образцов при транспортировке следует использовать пузырчатую амортизирующую пленку или опилки.



Рис. 22: Упаковка образца в полиэтиленовую пленку



Рис. 23: Упаковка образца в алюминиевую бумагу

После заполнения кернового ящика, все детали описания образцов, находящихся в нем, должны быть записаны в журнал опробования до того, как ящик будет запечатан для отправки в лабораторию.

При отборе образцов необходимо вести журнал. Он представляет собой отдельную вкладку в форме документирования, в которой отражается информация по каждому образцу.

Форма Ведомости геомеханических образцов приведена на рисунке ниже (Рис. 24) и приложена отдельным файлом.

Скважина №	Номер образца	Интервал, м		Длина, м	Литология / Описание	Номер ящика	Вид испытания	Дата	Примечание
		От	До						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рис. 24: Ведомость геомеханических образцов

Х. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее Методическое руководство вступает в силу после утверждения Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Госкомгеологии Республики Узбекистан с 1.01.2023 г.