

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**Н.М. Недоливко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРНА  
НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Учебное пособие  
**(Глава 3)**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ  
Томск 2006**

УДК 550.8.023: 550.822.2

Н 42

**Недоливко Н.М.**

Н 42      Исследование керна нефтегазовых скважин: учебное

пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 170 с.

В учебном пособии изложены методы первичной и камеральной обработки керна нефтегазовых скважин, включая подъем, извлечение, документацию и хранения керна, проведение профильных исследований полноразмерного керна, подготовку образцов керна на различные виды исследований и характеристику лабораторных исследований керна.

Пособие предназначено для студентов вузов нефтегазового профиля, специальностей «Геология нефти и газа», а также для студентов, аспирантов и других специалистов, занимающихся научными исследованиями в области нефтяной геологии.

УДК 550.8.023: 550.822.2

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

### *Рецензенты*

Доктор геолого-минералогических наук, профессор заведующий лабораторией геохимии нефти ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК»,  
*И.В. Гончаров*

Доктор геолого-минералогических наук, профессор заведующий кафедрой петрографии Томского государственного университета,  
*А. И. Чернышов*

© Томский политехнический университет, 2006

© Оформление. Издательство ТПУ, 2006

### **3. ПОДГОТОВКА К ИССЛЕДОВАНИЯМ, ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА И ОПИСАНИЕ КЕРНА**

#### **3.1. Предварительный этап – подготовка к исследованиям**

Предварительный этап включает сбор геологической и геофизической информации по району исследования (геологическом строении, тектонике, стратиграфии, нефтегазоносности) и обрабатываемой скважине.

На предварительном этапе производятся [27]:

- определение местонахождения скважины на территории месторождения (с выделением скважины на рабочей карте);
- анализ изученности данной части территории месторождения, как по разрезу, так и по площади;
- сбор данных ГИС по скважине – каротажные диаграммы, заключение по интерпретации;
- сопоставление разреза на основе данных ГИС с близлежащими скважинами месторождения;
- сопоставление разреза на основе данных ГИС с разрезом близлежащих месторождений;
- анализ результатов, полученных ранее при изучении керна скважин на месторождении.

Сведения, полученные на предварительном этапе, не только характеризуют геологические особенности строения месторождений и разрезы отдельных скважин. Они позволяют определить круг задач, решение которых невозможно без привлечения данных по керну; наметить виды аналитических исследований, которые по тем или иным причинам не проводились ранее (или проводились в недостаточном объеме); уточнить количество отбираемых на анализы образцов и т.д.

#### **3.2. Ревизия и состыковка керна**

Полная ревизия керна и керновых ящиков осуществляется при приеме керна в кернохранилище на постоянное хранение, хотя отдельные операции по проверке правильности укладки керна и его сохранности возможны на любом этапе.

При извлечении керна из колонковой трубы, раскладке керна на буровой, укладке в керновые ящики (особенно когда керн не помещается в ящик и требуется его разбивать на куски) часто последовательность укладки керна нарушается. Это происходит оттого, что отдельные куски

керны могут быть перевернуты относительно положения в кернавой колонке, помещены не на свое место или утеряны и т.д.

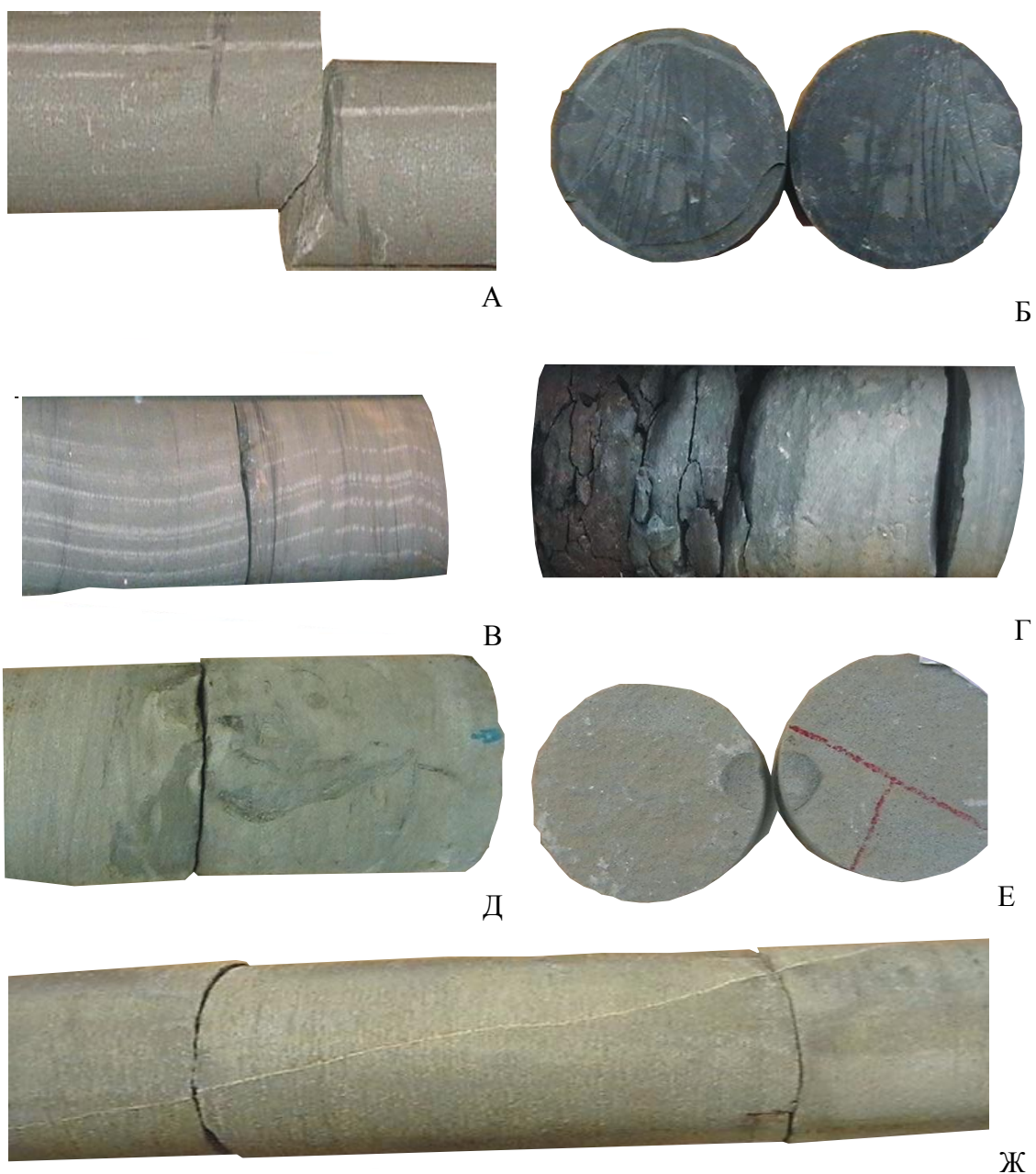


Рис. 3.1. Методы состыковки керна:

А – по морфологии скола; Б – по совмещению растительных остатков;

В – по бороздкам от кернаприемника; Г – по цвету пород;

Д – по текстурным особенностям; Е – по отпечаткам фауны;

Ж – по ориентировке трещины, залеченной кальцитом

Проверка последовательности укладки керна в соответствии с его положением в колонковой трубе производится методом состыковки об-

разцов. При восстановлении истинного положения керна совмещают поверхности скалывания, учитывая особенности морфологии скола (рис. 3.1) [21, 27].

Если поверхность скола затерта, состыковка проводится, с учетом морфологии затертости, структурных и текстурных особенностей пород, включений остатков флоры и фауны или путем совмещения штрихов и бороздок от керноприемника на боковой поверхности керна, участков с одинаковой окраской, направления трещин и других литологических характеристик пород.

Кроме того, ошибки могут быть внесены и в этикетки, сопровождающие керн. Поэтому первичная обработка керна должна всегда начинаться с ревизии керна, уложенного в ящики, установления правильности раскладки керна и выполнения надписей на этикетках и ящиках.

### 3.3. Макроскопическое описание керна

Макроскопическое (визуальное) описание кернового материала, поднимаемого из скважин, является одной из основных составляющих геологической информации об исследуемом разрезе. Это самая ответственная операция при обработке материалов поискового, разведочного, опорного, параметрического или структурного бурения.

Она должна проводиться очень тщательно, последовательно и с обязательным использованием лупы с 6–12 кратным увеличением.

Для выяснения карбонатности пород пользуются соляной кислотой (с объемной концентрацией 1 к 10); для выяснения наличия нефтепродуктов (в частности, битума) используют бензин. Во избежание загрязнения керна кислотой или бензином исследования проводят не на всем образце керна, а отбивают от него небольшой осколок.

По замеру в колонке керна определяют видимую мощность каждого из выделенных при описании слоев. Истинную мощность данного слоя указывают в окончательном разрезе, составляемом на основании изучения не только керна, но и шлама, механического каротажа, электрокаротажа и кавернометрии.

Различают срочное (первичное) и детальное макроскопическое описание [11].

*Срочное (первичное) макроскопическое поинтервальное описание керна* проводится на буровой непосредственно после извлечения керна из колонковой трубы представителями геологической службы предприятия.

Целью первичного описания керна является выяснение последовательности залегания пород в разрезе, выявление реперных горизон-

тов, получение сведений о составе пород, фиксация наличия или отсутствия каверн (и трещин), установление степени макрооднородности, визуальная оценка характера насыщенности и т.п.

Кроме того, в результате увязки описания керна и материалов геофизических исследований скважин определяют истинную глубину залегания пород, что особенно важно при определении положения продуктивных пластов.

В целях наглядности рекомендуется первичное описание керна сопровождать построением литологических колонок (рис. 3.2) и фотографиями керна, уложенного в кернавые ящики.

Первичное описание керна проводится поинтервально сверху вниз по разрезу, в последовательности отбора керна. Керновая колонка каждого интервала разбивается на литологически однородные слои; им присваивается номер (в каждом интервале он начинается с первого номера), измеряется толщина слоев.

При первичном описании керна следует придерживаться следующего порядка. В заголовке описания указывают название площади (месторождения) и номер скважины в соответствии с документацией скважины (дело скважины). Ниже помещают сведения, какой организацией, кем и когда было проведено описание.

Каждый интервал отбора керна описывается отдельно, при этом вначале каждого интервала обязательно указывается информация, полученная при подъеме керна: номер керна, интервал отбора керна по длине колонны (м), проходка (м), выход керна (м, %).

С левой стороны листа помещается литологическая колонка, указывается номер слоя, его толщина; с правой приводится описание литологического состава и особенности пород (цвет, текстура, структура, нефте- и водонасыщенность, плотность). Если часть слоя была поднята в предыдущем интервале долбления, то указывают, что породы аналогичны вышеописанным, т.е. поднятым в предыдущем интервале.

При первичном описании особое внимание уделяется характеристике плотности, степени цементации породы («породы плотные, крепко сцементированные» или «породы слабо сцементированные»).

Отдельно указываются признакам газо- и нефтенасыщения, дается подробная их характеристика: запах, изменение цвета, капли нефти и т.д. Часто при описании указанные признаки подчеркивают сплошной линией.

Выполненное описание обязательно подписывается исполнителем (главным геологом), под ним проставляется дата.

**Керн №1**  
**Интервал 2610,5–2620, 5 м**  
**Проходка 10,0 м**  
**Выход керна 7,7 м – 77 %**

Литологическая колонка	Номер слоя	Толщина, м	Литологическое описание
	1	3,1	Глина плотная, крепкая, серая, с тонкими (1,0-1,2 см) косоволнистыми прослоями алевролита светло-серого. Отмечаются включения тонкораспыленного углистого детрита, отпечатки обугленных фрагментов хвоевой флоры (листья, мутовки), округлых конкреций пирита размером 2,5х3 см.
	2	1,4	Переслаивание алевролитов и глин. Слоистость косоволнистая, прерывистая, линзовидная. Толщина слойков изменяется от 1 до 5 см. По напластованию отмечается углисто-глинистый детрит. Видны следы оползания осадка.
	3	0,5	Песчаник серый, с буроватым оттенком, однородный, изредка (через 10–20 см) с тонкими (толщиной до 1–2 мм) горизонтальными прослойками углисто-глинистого материала, мелкозернистый, слабосцементированный, нефтенасыщенный (характерный запах и выпоты нефти на поверхности скола).
	4	0,7	Песчаник буровато-серый, однородный, крупно-среднезернистый, слабосцементированный, нефтенасыщенный (с запахом углеводородов). По всему слою наблюдается редкий рассеянный тонкий (до 1 мм) углистый детрит.
	5	1,0	Песчаник светло-серый, крупнозернистый, с косой однонаправленной слоистостью, подчеркнутой распределением углистого детрита, плотный, крепко сцементированный с глинистым (0,5 м) и кальцитовым (0,5 м в подошве) цементом, водонасыщенный (солёный на вкус). В основании отмечаются следы размыва: неровный волнистый контакт и внутриформационная галька размером до 3 см, представленная алевролитами и глинистыми породами.
	6	1,0	Уголь черный однородный, блестящий, хрупкий.

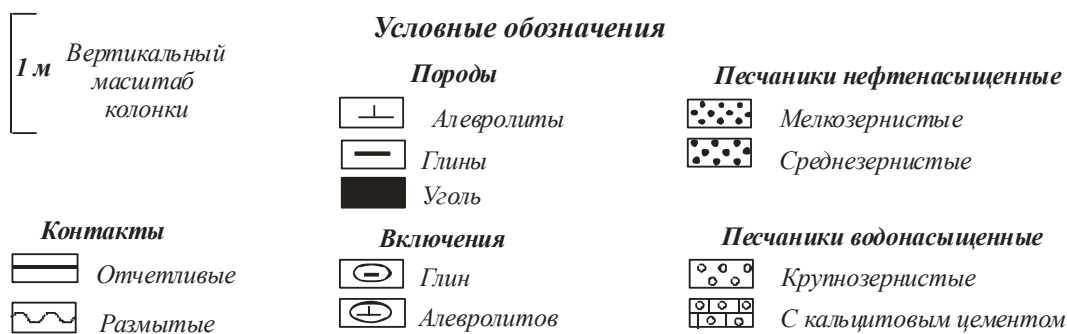


Рис. 3.2. Пример оформления первичного поинтервального описания керна и литологической колонки к нему

**Детальное описание керна** при грамотно проведенном и достаточно подробном первичном описании керна можно не проводить.

Практика, к сожалению, показывает, что первичное описание керна носит схематичный характер, что и диктует необходимость проведения детального описания керновой колонки в камеральных условиях (как правило, в кернохранилищах).

Детальное описание керна должно:

- предваряться ознакомлением с первичным описанием керна, увязкой керна с каротажом, заключениями о насыщенности пород по результатам ГИС;

- проводиться специалистами высокого класса, знающими геологическое строение разрезов исследуемой территории, умеющими определять породы и хорошо владеющими методами описания разрезов и пород;

- быть полным и с методической точки зрения стандартным, что в дальнейшем облегчит составление разреза (литологической колонки) с применением условных знаков и сопоставление разрезов скважин.

**Общий осмотр керна и выделение слоев – основных элементов разреза.** Описание разреза начинается с общего осмотра керна, ознакомления с характером разреза и породами, которые слагают разрез.

Так же, как и при первичном описании, прежде всего, выделяются слои – тела, имеющие существенно однородный литологический состав, обладающие ясно выраженными подошвой и кровлей и характеризующиеся значительной протяженностью по сравнению с его толщиной (мощностью).

Внутри слоев выделяются слойки – «обособленные в теле слоя элементы более мелкого масштаба, имеющие визуально различимые границы ограничения» [5] и линзы – укороченные тела, в которых мощность резко уменьшается к периферии [5], а также конкреции – различной, обычно овальной послойно уплощенной формы минеральные образования, сложенные пиритом, сидеритом и другими диагенетическими минералами. При описании следует помнить, что в керне мы имеем дело с фрагментами слоев и достоверно можем судить только о их мелких единицах (слойках, линзах, конкрециях и т.д., видимыми в керне), и принимаем за слой, часть керновой колонки, сложенную однотипными по составу породами, имеющими выраженные границы с выше и ниже залегающими породами.

Составной частью описания слоев является анализ переходов одних пород в другие (постепенные, отчетливые, резкие, эрозионные контакты и др.). Прослеживается степень выдержанности отдельных типов пород, устанавливается возможность группировки пород в определенные пачки, правильность в чередовании однотипных пород, измеряется толщина прослоев.



При переслаивании литологических разностей указывается характер переслаивания (частое, редкое, ритмичное и т.д.), тип переслаивания (тип слоистости), измеряется толщина прослоев, указываются пределы изменения и преобладающие толщины слойков. В случае частого ритмичного переслаивания слойков допускается однократное, подробное описание особенностей каждой из чередующихся разностей пород с последующим указанием лишь расположения и мощностей повторяющихся слоев и тех изменений, какие отмечаются по отношению к уже описанным.

Характеризуя условия залегания отдельных слоев, необходимо в описании указать, как залегают эти слои – горизонтально или наклонно. В последнем случае определяется угол падения, а в случае ориентированного по отношению к странам света керна и азимут падения слоев. При определении угла падения слоев следует иметь в виду возможное искривление ствола скважины. В этом случае указать погрешность определения или (если это возможно) внести поправку на основании замеров величины искривления с учетом допустимого отклонения забоя от проекта.

**Полная литологическая характеристика пород.** После определения общей характеристики слоя приводится его полная литологическая характеристика. При этом описание герметизированных образцов выполняется после определения содержания в лаборатории физики пласта остаточной водо- и нефтенасыщенности прямым способом. Все характерные особенности пород зарисовывают или фотографируют, иллюстрации помещают в описаниях разрезов.

При детальном описании горной породы должны быть приведены следующие данные [1, 2, 5]:

а) название породы с указанием характерных примесей или составных минеральных частей, если наименование этой примеси или составной части неотделимо от названия породы (например, песчаник алевроитовый);

б) цвет породы во влажном и сухом состоянии;

в) текстура породы (первичная и сингенетическая);

г) наличие органических остатков и степень их сохранности;

д) структура породы, определяемая ее гранулометрическим составом, т. е. размерами слагающих породу частиц, их формой и окатанностью;

е) особенности минералогического состава, в обломочных породах – состав и характер цемента, содержание карбонатов (кальцита, доломита, сидерита);

ж) степень уплотнения породы;

- з) наличие видимых невооруженным глазом пор или пустот (каверн) – их размеры, очертания, распределение в породе;
- и) наличие, ориентировка, морфология, раскрытость и выполнение трещин, по возможности, определяют происхождение трещин (диагенетические, катагенетические, тектонические и др.);
- к) наличие включений и конкреций;
- л) наличие, условия залегания, степень сохранности, растительных остатков и животных организмов;
- м) наличие газообразных, жидких углеводородов и битума, указывают их признаки в керне.

Особое внимание при описании керна следует уделять признакам породы, которые смогут не сохраниться при длительном хранении и перевозке керна, например, присутствие включений, легко выпадающих из породы, влажность, запах, признаки нефтегазонасыщенности, слабые признаки слоистости и другие особенности, наблюдаемые иногда лишь во влажном состоянии.

Попутно с описанием керна рекомендуется отмечать места (или отбирать образцы) для различных видов анализа. Нумерация образцов должна быть сквозная по всей скважине, желательно из одного куска отбирать образцы на различные виды анализа, присваивая им один номер.

Особенно осторожно отбираются образцы ископаемых остатков фауны и флоры. При этом образцы с крупными остатками флоры и фауны по возможности берут полностью, не разбивая; извлечение (препарирование) ископаемых остатков осуществляется в специальных лабораториях.

Отобранные на анализы образцы удобнее всего регистрировать в специально предназначенной для этого колонке, расположенной слева от описания пород, в ней указывается номер образца, место его взятия и вид анализа. Кроме того, на отобранные образцы для каждого вида анализа составляется ведомость отбора образцов с указанием тех же данных.

**Название породы.** Название породы дается исходя из ее минерального состава и структурных особенностей пород.

Разрезы осадочных толщ, вмещающих залежи нефти и газа, сложены терригенными (рис. 3.3) – обломочными – (песчаниками, алевролитами, глинистыми породами), содержащими иногда прослой конгломератов, гравелитов, угля, сидеритовых пород, бокситов, туфов и др. или органогенными и хемогенными карбонатными (известняками, доломитами, мергелями) и кремнистыми породами (рис. 3.4) породами.



Рис. 3.3. Терригенные породы осадочных толщ:  
 А – уголь; Б – глинистая порода; В – алеврит; Г – песчаник карбонатизированный;  
 Д – песчаник; Е – гравелит; Ж – внутриформационный конгломерат



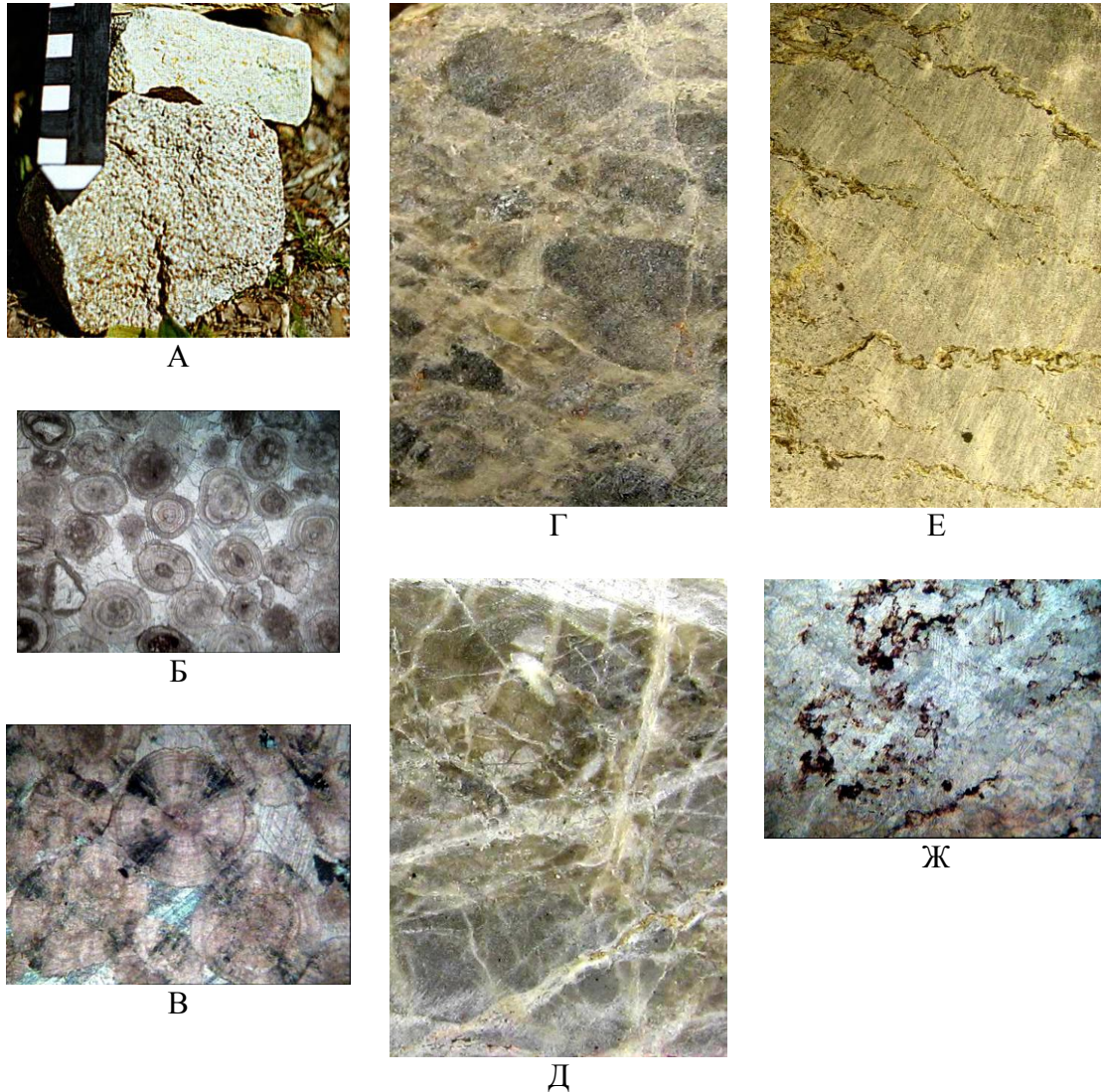


Рис. 3.4. Известняки:

А, Б, В – оолитовые известняки (А – макро- [37] и Б, В – микроснимки); Г – известняк обломочный конгломератовый, Д – известняк брекчиевидный с прожилками кальцита; Е, Ж – известняк массивный с микростилолитовыми швами (Е – макро- и Ж – микроснимок)

Обычно название пород складывается из 2 или нескольких понятий: указывается литологический тип пород (например, известняк, песчаник, алевролит и т.д.) их его структурные характеристики – размер кристаллических или обломочных зерен (табл. 3.1, 3.2), при определении названия известняков часто указывают их условия образования (известняк хемогенный, известняк органогенный).

Если визуально в породе определяется наличие обломков разных по размерности классов, то в названии указываются все видимые классы с указанием характерных примесей.

Таблица 3.1

Определение названия терригенных пород по размерам обломков, степени их окатанности и цементации (по Н.В. Логвиненко [14])

Название пород		Название сцементированных пород по степени окатанности и размерам обломков		Название пород по размеру обломков	Размер обломков, мм
рыхлых	сцементированных	окатанные	неокатанные		
галька, <u>щебень</u>	галечник	конгломерат (галечник)	брекчия	крупная	10–100
галька, <u>щебень</u>	галечник			средняя	25–50
галька, <u>щебень</u>	галечник			мелкая	10–25
гравий	гравелит			крупный	5–10
гравий	гравелит			средний	2,5–5
гравий	гравелит			мелкий	1–2,5
песок	песчаник			крупнозернистый	0,5–0,1
песок	песчаник			среднезернистый	0,25–0,5
песок	песчаник			мелкозернистый	0,1–0,25
алеврит	алевролит			крупнозернистый	0,05–0,1
алеврит	алевролит			среднезернистый	0,025–0,05
алеврит	алевролит			мелкозернистый	0,01–0,025
глина	аргиллит				менее 0,01

Примечание: В графе 1 (Наименования рыхлых пород) подчеркнутые названия – щебень – применяются для пород с неокатанными обломками.

Таблица 3.2

Определение названия карбонатных пород  
по степени кристалличности

Название пород	Название пород (структуры) по размеру кристаллических зерен	Размер кристаллических зерен, мм
известняк	крупнокристаллический	0,5–1
известняк	среднекристаллический	0,1–0,5
известняк	мелкокристаллический	0,05–0,1
известняк	тонкокристаллический	0,01–0,05
известняк	микрочристаллический (пелитоморфный)	менее 0,01

При этом существует несколько способов наименования породы смешанного гранулометрического состава.

Первый способ заключается в констатации факта присутствия обломков разной размерности. При этом на первом месте указывается размерность фракции, содержание которой в породе меньше: например, название «песчаник мелко-среднезернистый» означает, что в его составе преобладает среднезернистая фракция (размер обломков 0,25–0,5 мм), а количество мелкозернистой (0,1–0,25 мм) фракции сокращено.

Второй способ заключается в применении в словах суффиксов: -ист, -ов, -ный. Суффикс -ист означает незначительную примесь, в пределах 15–25 %; суффикс -ов и -ный – содержание до 25–50 %. Сравните: песчаник алевритовый (содержание алевритовой фракции 25–50 %) и песчаник алевритистый (содержание алевритового материала 15–25 %). Если содержание материала с размерностью другого класса составляет менее 15 %, то используют слово «примесь»: фраза «песчаник с примесью гравия» означает, что содержание обломков размером от 1 до 10 мм составляет не более 15 %.

**Цвет породы.** Цвет пород зависит от многих факторов.

В хемогенных и терригенных породах цвет определяется собственной окраской минеральных зерен, слагающих породу (чем меньше посторонних примесей, тем светлее окрашена порода); количеством глинистых (зеленый цвет – глауконит и хлорит, белый – каолинит) и органических (серый и черный цвет) примесей; содержанием соединений железа (красный цвет – гематит; бурый и жел-

тый – лимонит; черный – сажистый пирит) и марганца (черный цвет).

Окраска терригенных пород, кроме вышеперечисленных причин, часто определяется составом обломков и цемента. Так, мономинеральные кварцевые песчаники обычно имеют белый цвет; песчаники, состоящие в основном из ортоклаза, окрашены в розовый цвет; граувакковые песчаники с высоким содержанием эффузивов окрашены в зеленый, серый или черный цвет; алевролиты и глинистые породы с высоким содержанием хлорита и глауконита приобретают зеленый цвет.

Чтобы устранить субъективный подход к определению цвета пород (известно, что один и тот же цвет разные люди воспринимают по-разному), рекомендуется пользоваться строго определенными цветовыми определениями, используя основные цвета спектра (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый, и наиболее распространенные цвета – серый, белый, черный, бурый), обязательно дополняя цвет оттенком. Под оттенком понимается как изменение интенсивности окраски (светло-серый, темно-серый), так и цвета (буровато-серый, почти черный, зеленовато-серый, вишнево-бурый и т.п.). При определении окраски породы сначала указывается оттенок, а затем основной цвет. Следует избегать сложных определений цвета (серо-буро-малиновый, зеленовато-буро-серый и т.п.), нужно определить преобладающий цвет и указать характер распределения остальных цветов (мелкие пятна, постепенные или резкие изменения и т.д.).

В случаях, если порода имеет неравномерную окраску, фиксируют ее характер: неравномерная (с постепенными переходами, пятнистая, полосчатая, зональная). По возможности, указывают причины первичной (цвет минералов, тонко рассеянный растительный детрит и т.д.) и вторичной (например, изменение цвета счет химических процессов при диагенезе и катагенезе) окрасок.

Цвет меняется также в зависимости от степени увлажнения зерна, часто во влажном состоянии проявляется неравномерность окраски, обусловленная разной пористостью пород: более пористые участки легче впитывают воду и становятся более темными, по сравнению с участками плотными, не пористыми. Кроме того, часто при увлажнении зерна более отчетливо видны границы изменения цвета, особенно при химическом изменении пород.

Изменение окраски пород может быть вызвано также нефтенасыщением, в этом случае породы приобретают буроватый оттенок.

**Текстура породы** определяется взаиморасположением частей

породы, их ориентировкой относительно друг друга, поверхности напластования и породы в целом [8]. Текстура является важным выражением анизотропии породы, отражающей анизотропию пространства – среды, в которой образовалась порода. Она имеет исключительно большое генетическое значение и без нее нельзя оценить фильтрационные свойства породы.

При описании текстур следует обращать внимание не только на внутренние текстуры, присущие всему объему породы (рис. 3.5) и хорошо заметные на боковой поверхности керна, но и на текстуры поверхностей (кровли и подошвы) слоев, различая первичные (седиментационные) и вторичные (наложенные) текстуры.



Рис. 3.5. Главные типы текстур, присущие всему объему породы и поверхностям слоев [1, 2, 23]



Типы и способы образования часто встречающихся в керне текстур приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Текстуры наслоения в керне терригенных разрезов

Тип текстуры	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне
Первичные (седиментогенные) текстуры наслоения	<b>Массивная (однородная)</b> – характеризуется равномерным распределением составляющих породу частей. Образуется в слабо изменчивых обстановках: дно застойных озер (постоянно низкая динамика), прибрежные бары (постоянно высокая динамика).		<b>Горизонтально-слоистая</b> – образуется при отсутствии движения водной среды у дна или при ламинарном движении; вещество осаждается в вертикальном направлении под действием силы тяжести.	
	<b>Косослоистая</b> – образуется поступательными, потоковыми, направленными движениями: течениями или воздушным перемещением.		<b>Волнистослоистая</b> – вызывается колебательными (волновыми) или пульсационными (порывами) движениями воды или воздуха (ветра).	
	<b>Косоволнистая</b> – образуется при волнении, сопряженном с поступательным перемещением воды – течениями.		<b>Волнистолинзовидная</b> – образуется при волнении, сопряженном с размывом и наложением волн друг на друга.	

При наличии текстур разного происхождения, следует соблюдать

последовательность формирования породы и историю ее существования и описывать сначала первичные и сингенетические текстуры, а затем – после описания структурно-вещественного состава пород – текстуры наложенные более поздние (диагенетические, катагенетические и т.д.).

Среди первичных текстур выделяют три основных типа текстур: неслоистые (массивная, беспорядочная, пятнистая, узловатая, комковатая, гранулированная) слоистые и слоеватые (с неотчетливой слоистостью) [1, 2].

По способу образования слоистых текстур выделяются три основных типа: горизонтальнослоистые, волнистослоистые и косослоистые. Кроме основных типов слоистости в керне часто отмечаются комбинации различных типов слоев, дающих текстуры сложного типа: волнисто-линзовиднослоистые, косо-волнистослоистые. При описании косослоистых текстур указываются также углы наклона слоев. При характеристике волнистой слоистости следует различать симметричную рябь (рябь течений) и асимметричную рябь (рябь волнений). Наиболее детальная и не имеющая аналогов характеристика основных типов слоистости имеется в монографиях Л.Н. Ботвинкиной [4], Л.Н. Ботвинкиной и др. [3], которыми и следует пользоваться при изучении текстур осадочных пород.

Вторичные текстуры образуются разными способами. Сразу же после накопления осадок может размываться и переотлагаться или, накопившись до критической массы и будучи насыщенным водой, смещаться под действием собственной силы тяжести по наклонной поверхности и заполнять неровности дна. Также он может быть переработан донными организмами или корневыми системами. Все эти особенности существования осадка также очень часто фиксируются в керне в виде сингенетических текстур (табл. 3.4).

В результате резко возросшей динамики водной среды ранее образованные осадочные породы могут быть размывы; реликты размывных пород вовлекаются во вторичное осадкообразование. Формируются текстуры гидроразрыва: брекчиевидные (с оставшимися на месте или слабо перемещенными неокатанными обломками) и конгломератовидные (с окатанными обломками), так называемые внутриформационные конгломераты.

В диагенезе в глинистых осадках за счет уплотнения, оттока воды и перераспределения химических веществ также образуются вторичные текстуры. Иногда в керне встречаются псевдоморфозы (минеральные замещения) по флористическим и фаунистическим остаткам (по обломкам древесины, остаткам корней и т.д.) и конкреции, сложенные пиритом и сидеритом; реже другими минералами; иногда в ассоциации с

этими минералами отмечается каолинит и кальцит.

Таблица 3.4

Ранние наложенные (сингенетичные) текстуры, часто встречающиеся в керне терригенных разрезов

Тип текстуры	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне
Наложённые (ранние сингенетичные) текстуры	<p><b>Биогенные текстуры</b> представлены раковинным и растительным детритом и их целыми экземплярами, захороненными на дне.</p>		<p><b>Биогенные текстуры</b> – остатки корневых систем – образуются на зарастающих поймах, побережьях, болотистых участках</p>	
	<p><b>Текстуры биотурбационные</b> – обусловленные наличием в породе ходов, норок, следов зарывания и прикрепления роющих, илоядных, прикрепляющихся ко дну организмов.</p>		<p><b>Текстуры гидроразрыва</b> образуются при резком возрастании гидродинамики и размыве слабо консолидированного осадка (подстилающего или бокового выполнения).</p>	
	<p><b>Текстуры оползания</b> образуются при сползании насыщенного водой осадка под действием силы тяжести.</p>		<p><b>Текстуры взмучивания</b> образуются при слабом изменении динамики водной среды на дне водоемов.</p>	
Текстуры на сколе керна	<p><b>Следы ходов</b> роющих организмов на поперечном сколе керна.</p>		<p><b>Внутриформационная галька</b> глинистых пород в песчанике на поперечном сколе керна.</p>	



Конкреции имеют различную форму, часто овальную с уплощением по слоистости (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Диagenетические и катагенетические текстуры часто встречающиеся в керне терригенных разрезов

Тип текстуры	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне	Тип и способ образования текстуры	Вид текстуры в керне
<i>Диagenетические текстуры</i>	<b>Конкреционные текстуры</b> образуются при химическом перераспределении вещества в диагенезе (конкреции и псевдоморфозы по органическим остаткам).		<b>Прожилки диагенетического происхождения</b> образуются в еще не затвердевшем осадке при химическом перераспределении вещества.	
<i>Тектонические текстуры</i>	<b>Тектоническая трещина</b> , ориентированная поперек керна и заполненная кальцитом		<b>Сдвиговая деформация</b> слойков в глинисто-алевритовом переслаивании	

При описании конкреций указывают: форму (овальная, неправильная, линзовидная и т.д.), размер (по удлинению и в поперечном направлении), характер распределения конкреций в породе (прослой, одиночные тела, группа конкреций, цепочки, равномерное, послойное, поперек слоев и т.п.). Указывают особенности строения (зональное, радиальное, с трещинами усыхания) и структуру конкреций (пелитоморфную, кристаллическую); характеризуют их вещественный состав, отмечают степень окисления конкреционных стяжений (не окислены, покрыты пленкой, окружены ореолом гидрооксидов железа и т.д.), выполнение трещин (каолинит, кальцит, пирит и т.д.).

В диагенезе перераспределение вещества может быть связано не только с образованием конкреционных стяжений. Иногда в керне отмечаются минерализованные участки со сложными прихотливо изогнутыми очертаниями, а также прожилки с плавными изгибами и невыдер-

жанной мощностью с раздувами и пережимами, обусловленными затрудненным перемещением минерализованных растворов в еще не отвердевшем осадке (табл. 3.5).

Изучение текстурных особенностей пород – важная составная часть литолого-фациального анализа [1, 5, 8]. Текстура является одним из основных диагностических признаков, по которым устанавливается генетическая принадлежность пород к тем или иным обстановкам осадконакопления; разнофациальные отложения, сформированные в континентальных, переходных и морских условиях обладают разными типами слоистости (табл. 3.6), часто характеризуются набором специфических текстурных признаков, хорошо видимых в керне нефтегазоносных скважин и подробно описанных многими исследователями [7–10].

Известно, что зоны тектонической разгрузки являются путями миграции углеводородов. Поэтому все проявления тектонического воздействия на породу должны быть тщательно зафиксированы. Признаки тектонических процессов в керне наблюдаются в виде сквозных (одиночных, серийных, часто разногенерационных) ориентированных вдоль оси керна прямых или слабо извилистых прожилков кальцита и кварца (иногда в ассоциации), микросдвигов слоев вдоль отчетливо выраженного тектонического шва (табл. 3.5), зеркал скольжения.

При описании прожилков указывается их густота, ориентировка относительно оси керна, мощность, морфология, минерализация, наличие и размеры свободных пустот. Особое внимание уделяется признакам возможного нефтенасыщения как в прожилках, так и во вмещающей прожилков породе (изменение окраски, запах, пленки битума).

При описании смещений слоев, видимых в керне, указывается угол наклона шва, вдоль которого произошло смещение, амплитуда смещения, характер заполнения тектонического шва.

При описании зеркал скольжения указывается их ориентировка, характер поверхности (ровные гладкие, с бороздками и т.д.), в одном или нескольких слоях развивается зеркало. Следует помнить, что зеркало скольжения может образоваться и механическим путем при подъеме керна.

**Структура пород** является ведущим классификационным признаком для осадочных пород. Наряду с размерами частиц, слагающих осадочные породы (обломочных или кристаллических зерен), при характеристике структуры пород указывают равномерность распределения, а для крупнообломочных пород указывают также форму и степень окатанности зерен. Структура терригенных пород по размерам составляющих их частиц приведена в таблице 3.7. Характеристика структур кристаллических и хемогенных пород приведена в таблице 3.2.

На практике чаще встречаются породы со смешанным составом, структуру их определяют по наличию тех или иных классов размерности обломков: алевропелитовая, псаммопелитовая, пелитоалевритовая, и т.д.). Измерение обломков проводят с помощью специальных трафаретов, применяя при необходимости лупу, а также путем измерения линейных размеров крупных обломков или, для отличия алевролитов и глинистых пород, проводят пальцем по поверхности пород: у глинистой породы поверхность гладкая, не шершавая.

Таблица 3.7

Структура терригенных пород по размерам обломков,  
по Н.В. Логвиненко [14]

Название пород		Структура	Размер обломков, мм
рыхлых	сцементированных		
галька	галечник	псефитовая (крупнообломочная)	10–100
гравий	гравелит		1–10
песок	песчаник	псаммитовая (мелкообломочная)	0,1–1,0
алеврит	алевролит	алевритовая	0,01–0,1
глина	аргиллит	пелитовая	менее 0,01

Для крупнообломочных пород также указывают степень окатанности обломков (хорошо окатанные, средне окатанные, угловатые, остроугольные) и их форму (изометричные, удлиненные, неправильные, призматические и т.д.). В первом приближении оценивают степень отсортированности обломков: если обломки имеют одинаковые размеры, то отсортированность хорошая; если пространство между крупными обломками заполнено обломками мелкими – отсортированность плохая.

Иногда в керне встречаются прослой хемогенных пород (сидеритовые породы, известняки, бокситы), структура которых определяется как оолитовая, пизолитовая, бобовая, сферолитовая. Внешне это все округлые, часто сферические образования, отличающиеся друг от друга тем, что: оолиты, по Б.К. Прошлякову и В.Г. Кузнецову [23], имеют концентрическое строение и диаметр 0,1–1,0 мм; пизолиты отличаются от оолитов более крупными размерами (свыше 1 мм); бобовины имеют однородное строение; сферолиты – радиальное, часто различимое только под микроскопом.

В породах, содержащих органические остатки, выделяют биоморфную (хорошая сохранность скелетных организмов), детритовую

(размер органических остатков более 0,1 мм), биогенно-шламовую (раздробленные скелетные остатки размером менее 0,1 мм) структуру [23].

**Органические остатки**, которые встречаются в керне, имеют растительное и животное происхождение.

В задачу геолога входит регистрация присутствия органических остатков, выполнение зарисовок и фотографий, подробное описание. При описании указывается размер, целостность, степень сохранности (хорошая, средняя, плохая), минеральный состав.

Обязательно фиксируется положение органических остатков (равномерно по слою, концентрация в отдельных слоях послойная, пятнистая, беспорядочная и т.д.); если встречаются створки раковин, отмечается, какой стороной (внешней или внутренней) створка ориентирована к поверхности, располагается ли она под углом или параллельно напластованию.

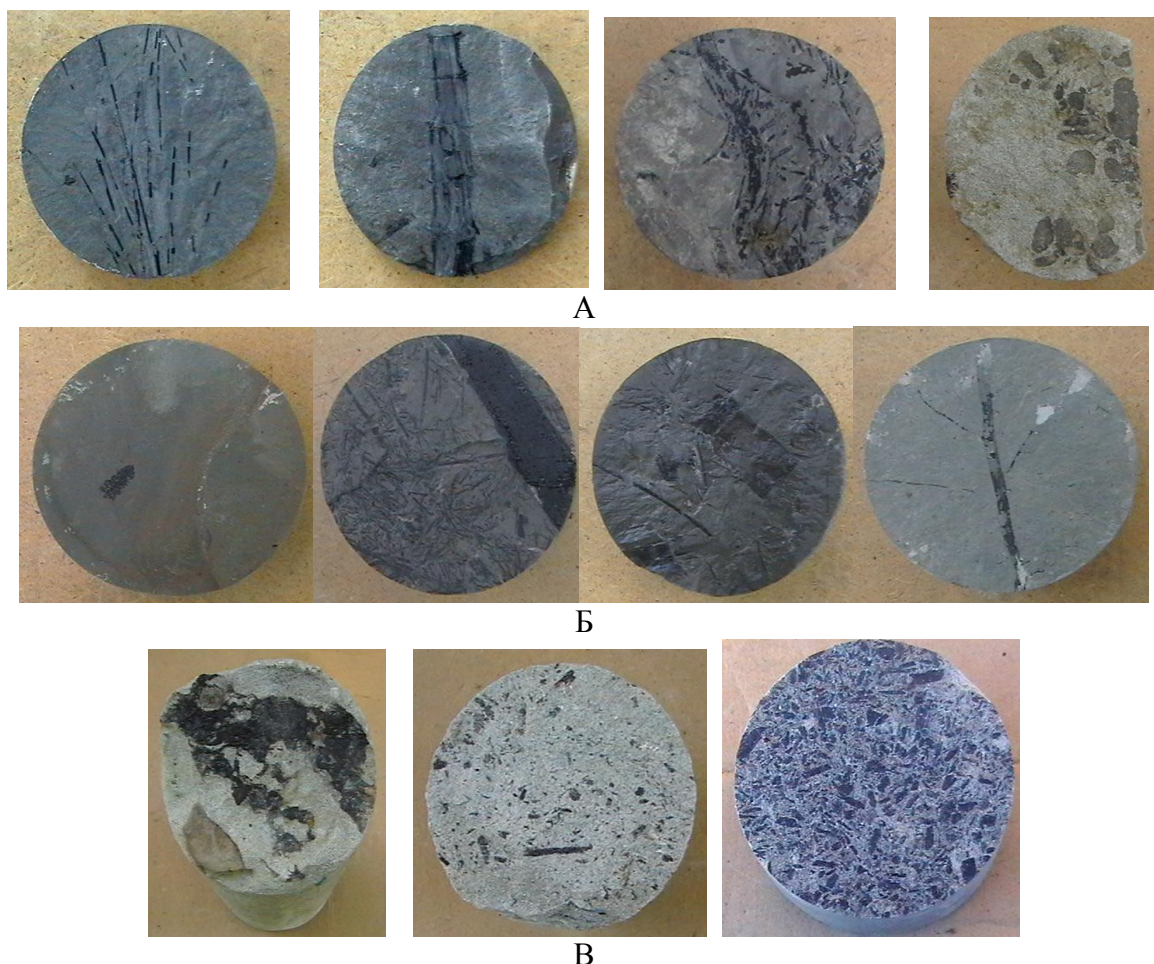


Рис. 3. 6. Растительные остатки, встречаемые в керне

А – очень плохая степень сохранности растительных остатков; отпечатки растений,  
Б – углефицированные остатки растений; В – растительный детрит и аттрит



Часто в керне встречаются не сами органические остатки, а их отпечатки, слепки (наружные и внутренние ядра), заполненные осадочным материалом (рис. 3.7), и псевдоморфозы – замещения органических остатков минеральными веществами (кальцитом, лимонитом, аморфным кремнезёмом, сидеритом и др. Описание их производится аналогично описанию органических остатков. По возможности, определяется видовой состав органических остатков: так, находки раковин пелеципод свидетельствуют о пресноводных или солоноватоводных водоемах; брахиопод – о морских условиях. Растения, особенно крупные, как правило, не захороняются в горных породах целиком; в керне встречаются их разрозненные остатки (рис. 3.6), характер которых определяется приближенно: листья, обрывки ветвей, обломки стволов, шишки, плоды, корневища, корни, кора, древесина, очень редко – цветки. В глинистых породах сохраняются также отдельные семена, споры, пыльца, которые макроскопически в керне не обнаруживаются; изучение их проводится с применением микроскопических методов исследований.

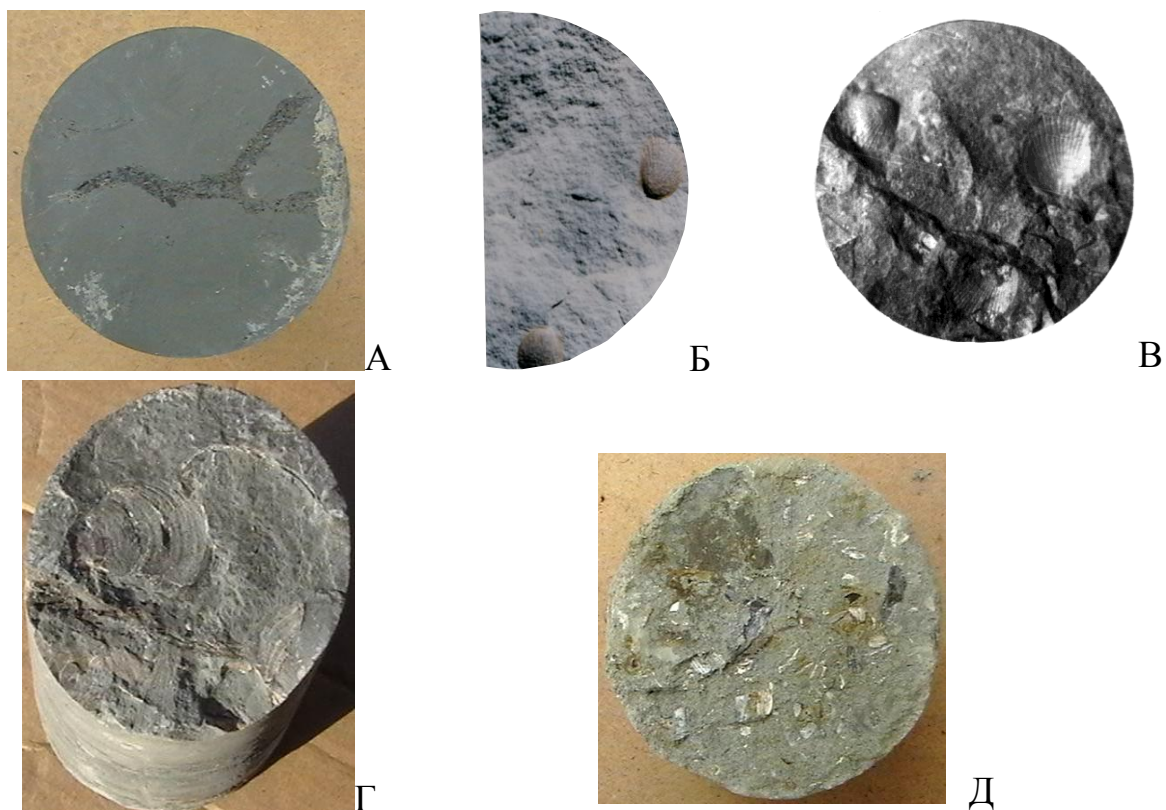


Рис. 3.7. Остатки животных организмов

А – онихиты белемнитов, Б – внутреннее ядро мелкой двустворчатой раковины (фото А.В. Ежовой), В – отпечатки мелких створок раковин (фото А.В. Ежовой),

Г – остатки кальцитизированных раковин пелеципод плохой сохранности,

Д – мелкий раковинный детрит



Остатки растительности также часто являются хорошими индикаторами условий осадконакопления, при этом наряду с видовым составом, большую роль играет степень измельченности, сохранность и характер органов растительных остатков.

По размеру растительные остатки делятся на [2]:

- крупные – более 3 см,
- крупный детрит – 1–3 см,
- мелкий детрит – 0,1–0,2 см,
- сечка – 0,2–0,5 см,
- атрит – менее 0,2 см.

**Состав пород** при макроскопическом описании керна определяется не всегда достаточно полно. При дальнейших исследованиях его уточняют с помощью микроскопических, химических и других методов.

Для крупнообломочных обломочных пород и песчаников с помощью лупы устанавливается состав обломков, состав и количество цемента. Состав обломков в крупнообломочных породах может быть самый разнообразный: обломки размытых осадочных пород, угля, кварца, кремнистых, эффузивных, метаморфических и других пород. Песчаные породы обычно сложены зернами кварца (бесцветный, белый, без спайности, легко царапает стекло), полевых шпатов (серый, белый, розовый, с ясно выраженной спайностью, слабо царапает стекло), обломками пород разного состава. По плоскостям наложения они часто содержат слюды (биотит, мусковит), хлорит, сидерит.

Цемент, чаще всего, имеет глинистый (каолинит, слюды, хлорит), железистый (лимонит, гематит и другие окисные соединения железа), кремнистый, карбонатный (сидерит, доломит, кальцит) состав, реже он может быть сложен пиритом, глауконитом, фосфатными минералами.

Породы, сцементированные глинистым цементом, имеют серый и белый цвет, разбиваются молотком без особых усилий.

Железистый цемент узнается по вишнево-красной и красновато-бурой (гематит), бурой и желтой (гидрооксиды железа) окраске, в зависимости от степени окисления железистых минералов, породы могут быть как очень крепкими, так и рыхлыми.

Породы с кремнистым (кварцевым) цементом также светлоокрашенные, очень крепкие, разбиваются молотком очень тяжело, часто при ударе образуют искры.

Породы, содержащие кальцитовый и доломитовый цемент имеют грязно-белую, голубовато-белую окраску, очень крепкие, с трудом разбиваются молотком.

Сидеритовый цемент узнается по бурой окраске и реакции с горя-

чей соляной кислотой (растворяется с трудом).

Пиритовый цемент часто развивается отдельными участками, неокисленный пирит узнается по соломенно-желтому цвету, сильному металлическому блеску и высокой твердости (царапает стекло), легко замещается гидроксидами железа. Встречаются прослои (верхняя юра, барабинская пачка георгиевской свиты, Томская область) с пиритовым сажистым очень рыхлым цементом черного цвета.



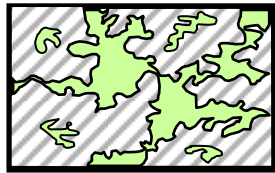
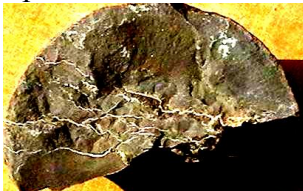

При описании керна большое значение имеет определение карбонатности пород (а именно содержания кальцита). Ее можно определить с помощью 10-% соляной кислоты по пятибалльной шкале [1]:

- 0 – не реагирует;
- 1 – слабо вскипает в порошке;
- 2 – бурно вскипает в порошке;
- 3 – слабо вскипает в куске;
- 4 – бурно вскипает в куске.

**Пустотное пространство** в керне изучается с помощью лупы. Определяется тип пустотного пространства (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Типы пустотного пространства в керне осадочных пород

Тип пустот	Определение	Схема
Поры и биопустоты	<i>Поры</i> – пространство между отдельными зернами, слагающими горную породу (обычно в терригенных породах, реже в карбонатах). <i>Биопустоты</i> – пустоты в раковинах и внутри коралловых скелетов ( <i>внутриформенные</i> ), и пустоты между раковинами ( <i>межформенные</i> ).	 обломки поры
Каверны 	Сравнительно крупные пустотные пространства, образовавшиеся в результате действия процессов выщелачивания. Развиваются в основном в легко растворимых карбонатных породах, редко в терригенных породах.	 порода каверны
Трещины 	Разрывы сплошности пород, обусловленные в основном тектонической деятельностью, встречаются в любых породах, играют большую роль при миграции нефти.	

По происхождению пустоты делятся на первичные и вторичные.

*Первичные поры* (пустоты) образуются в процессе осадконакопления и породообразования (межзерновые и биопустотные поры, поры между плоскостями наслоения и т.д.).

*Вторичные поры* образуются в результате последующих процессов: разлома и дробления породы, растворения, перекристаллизации, возникновения трещин вследствие сокращения породы (например, при доломитизации) и других процессов.

В большой степени свойства пористых сред определяются размерами поровых каналов. По величине поровые каналы нефтяных пластов условно [11] разделяют на три группы (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Характеристика пустотного пространства по их размерам

Поэтому при характеристике пор рекомендуется не только приводить размеры поперечных сечений пор (в мм), но и по возможности, указывать степень сообщаемости пор и давать интерпретацию поровых каналов.

**Признаки нефтенасыщения в керне.** На этапе литологической оценки разреза необходимо сравнение характера насыщения коллекторов по керну с характером насыщения по данным интерпретации ГИС, которые часто, особенно на сложнопостроенных литологически неоднородных отложениях расходятся. В случае расхождения данных насыщения (по керну и по ГИС) участки коллекторов обязательно выделяются для профильных исследований.

Особое внимание при макроскопическом просмотре керна надо сосредоточить на выявлении нефтегазопроявлений и битуминозности пород. Признаки нефти и газа в керне должны быть предварительно изучены у буровой на свежих образцах и поверхностях излома, зафик-

сированы в журнале первичного описания керна, а затем более детально исследованы в геологическом отделе и в лаборатории.

Нефтепроявления могут заключаться в выходах жидкой нефти и подъеме нефтесодержащих пород, в примазках нефти по трещинам в породах, в тонких пленках нефти на воде и т. д. [11]

*Жидкую нефть* легко узнать по ряду признаков, хорошо известных каждому геологу-нефтянику. Задачей геологов является тщательное выяснение и детальное описание геологических условий, в которых находится обнаруженный выход, а также отбор проб нефти и сопровождающих нефть флюидов (т. е. подвижных веществ – газообразных и жидких). Нефть может вытекать непосредственно из коренных пород, из наносов; может скапливаться в виде толстых плёнок на поверхности воды более или менее далеко от места выхода нефтеносных пород на дневную поверхность и т.д.

При изучении керна иногда можно наблюдать *налеты и примазки нефтяных компонентов* на стенках трещин. Обычно они темноокрашенные, так как представляют собой остаточные, окисленные компоненты мигрировавших через породу нефтяных флюидов: асфальтовых и смолисто-асфальтовых фракций. Легкие и средние компоненты (бесцветные и светлоокрашенные) даже при интенсивном нефтяном запахе породы остаются невидимыми.

*Нефтесодержащие породы* узнаются или сразу по цвету и запаху, если они сильно пропитаны нефтью, или после проверочных испытаний. Нефть может быть равномерно распределенной в породе (например, в песчанике) или, чаще, неравномерно. В этом случае необходимо изучить характер ее распределения в зависимости от состава, структуры и текстуры. Неравномерные признаки нефтенасыщения в виде «пятнистости» по всему интервалу керна чаще всего наблюдаются в переходных зонах, ближе к водонефтяным контактам или в неоднородном пласте-коллекторе с резкой изменчивостью ёмкостно-фильтрационных свойств. В этом случае необходимо детально изучить весь интервал керна на нефтенасыщенность.

Самым простым способом определения в песчаниках признаков нефтенасыщения является капля воды (или разбавленной соляной кислоты). Если капнуть на свежий скол образца керна каплю воды, и она не расплывается, а держится на поверхности (явление гидрофобности) или скатывается полностью, то керн насыщен УВ. В случае впитывания капли воды поверхностью керна (явление гидрофильности) порода водонасыщенная.

При изучении признаков нефти в керне можно применить бензиновую вытяжку [11]. Образец размельчают и помещают в пробир-

ку, в которую затем наливают чистый бензин на 1–2 см выше образца. Содержимое в пробирке взбалтывают и оставляют на несколько минут в покое. Если бензин окрашивается в желтый цвет той или иной интенсивности, это указывает на наличие нефти в образце.

Для выявления признаков нефти применяют также более тонкие и сильные растворители (например, хлороформ). После обработки этими растворителями образца породы и фильтрования на фильтре остается коричневая полоска.

При макроскопическом изучении признаков нефти в керне следует иметь в виду, что легкая нефть обычно дает слабые внешние признаки (изменение цвета пород), но на свежих плоскостях излома образца чувствуется сильный запах бензина. Наоборот, тяжелая нефть дает обильные признаки, но на свежих плоскостях излома отсутствует запах бензина.

Наличие газа в породах не сопровождается изменением ее окраски, однако, при этом порода имеет резкий характерный запах. В свежеснесенном керне этот запах улавливается без нарушения сплошности керна колонки. Но с течением времени поверхностные поры породы дегазируются естественным путем, и для определения газонасыщенности необходимо расколоть керн молотком, образовав свежий излом. Керны, взятые из приконтурной зоны, обычно содержат нефть и воду, свежие поверхности их излома влажные и хорошо смачиваются каплей разбавленной соляной кислоты.

Нефтепризнаки могут проявляться как сразу после подъема керна, так и спустя некоторое время. Породы, поднятые с больших глубин, например, кавернозно-трещиноватые известняки и доломиты Сибирской платформы, могут не проявлять внешних признаков нефтеносности. Лишь после того, как керн некоторое время пролежит на поверхности, а породы частично разрушатся вследствие падения горного давления, в них могут появиться признаки нефти в виде капель, выступивших на стенках пор и трещин. Поэтому после тщательного всестороннего описания керна рекомендуется (Гайдукова Т.А.) проводить вторичный осмотр керна спустя некоторое время (от 10 часов до 1–2 суток).

Глубину интервалов, при проходке которых наблюдаются признаки нефти и газа, при изучении разреза с целью выявления нефтегазонасности в процессе бурения скважины следует фиксировать.

Параллельно с описанием керна проводят построение разрезов с применением условных знаков, отражающих основные диагностические признаки пород. Они постоянно сопоставляются с диаграммами геофи-

зических исследований скважин (ГИС). Данный вид работы необходим для оценки литологического разреза пласта и для корректного отбора образцов на различные виды исследований. Сравнивая данные интерпретации ГИС с данными по керновому материалу, можно определить участки, которые по интерпретации обозначаются «не ясен как коллектор» и соответственно уделить им должное внимание.

### 3.4. Привязка керна к каротажу

Одновременно с описанием керна или сразу же после его описания определяется *достоверность расположения извлеченного керна*. От правильного определения глубины залегания слоев, от того, соответствуют ли интервалы отбора керна, записанные в документах, истинным интервалам залегания пород, зависит точность дальнейших геологических построений.

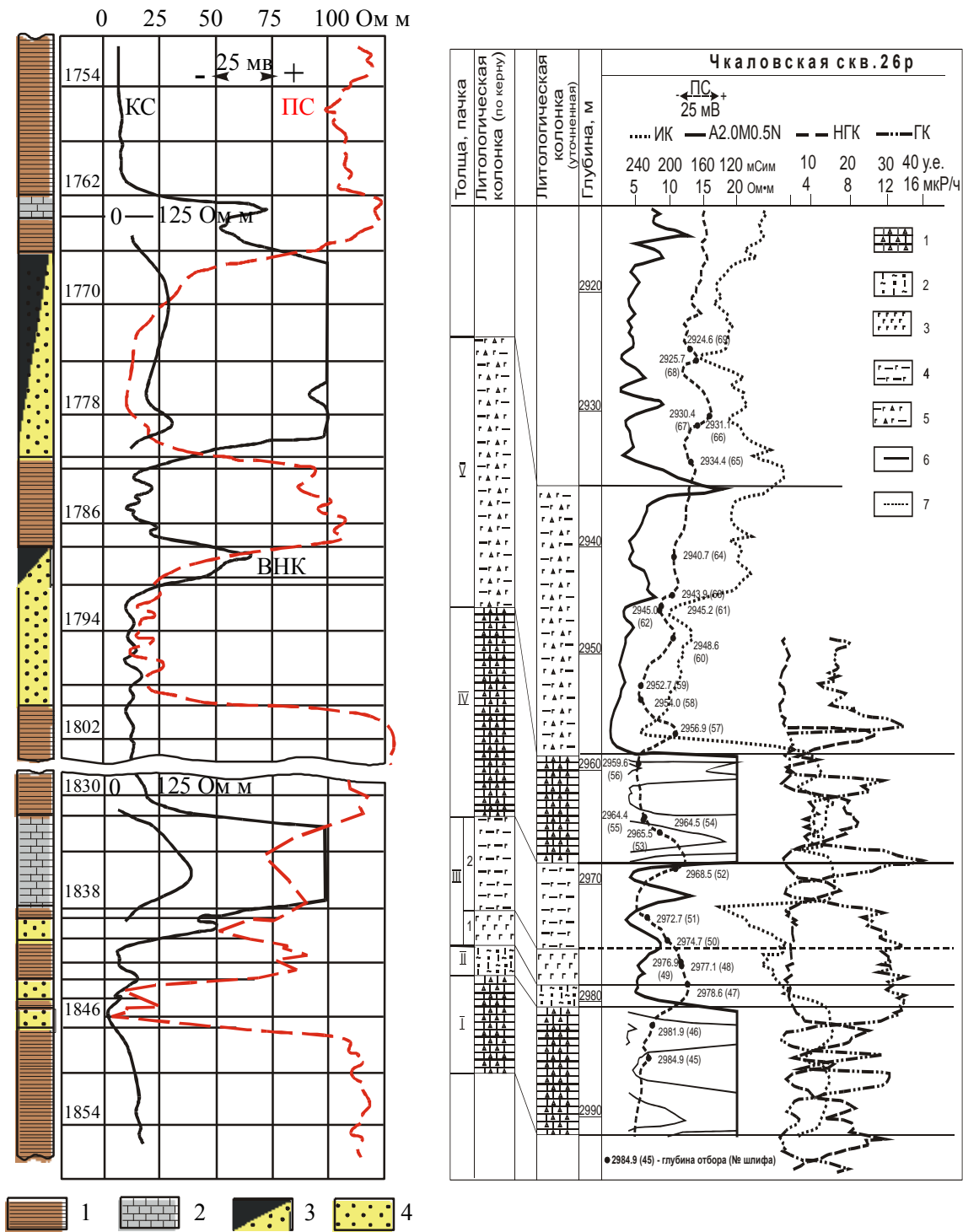
При бурении рыхлых пород (особенно это касается углей и слабоцементированных песчаников) вынос керна резко уменьшается. При неполном выходе керна длина рейса бурения больше линейного выхода керна, более плотные породы извлекаются при бурении почти полностью, а слабоцементированные и рыхлые – со значительным дефицитом, так как разрушаются в процессе бурения. Поэтому приведение керна скважины в соответствие с его реальной литолого-стратиграфической последовательностью, определение глубин залегания отдельных элементов разреза, точное местоположение керна и конкретных контактов между породами должно непременно увязываться с геофизическими материалами (рис. 3.7).

Уточнение привязки к разрезу, особенно в случае бурения со сплошным отбором, рекомендуется проводить путем сопоставления диаграммы какого-либо промыслово-геофизического метода с результатами "каротажа по керну" (например, путем сопоставления диаграмм акустического метода с результатами измерения на образцах керна скорости распространения упругих волн).

При этом изучение разрезов скважин, уточнение глубин отбора керна и интерпретация каротажной диаграммы, прежде всего, начинаются с выделения и определения местоположения в разрезе маркирующих горизонтов (электрических реперов) – пространственно и литологически выдержанных пластов горных пород, имеющих ясную и однозначно выраженную каротажную характеристику – и точной привязки керна, отобранного из этих горизонтов.

Установление положения маркирующих горизонтов в разрезе скважины позволяет уточнить интервалы отбора керна и прово-

дить корректную интерпретацию разреза в целом или его отдельных интервалов, облегчает выяснение положения отдельных горизонтов.



1 – глина; 2 – известняк; 3 – песчаник нефтеносный; ВНК – водонефтяной контакт

Рис. 3.7. Пример увязки керна с каротажными диаграммами и выделения продуктивных горизонтов по ГИС и керну

Уточнение положения керна между маркирующими горизонтами проводится путем выделения и сопоставления с каротажем отдельных литологически выдержанных прослоев, при этом особое внимание следует уделять четким контактам контрастных по составу и другим признакам пород, конкрециям, легко диагностируемым каротажным элементам разреза.

Чаще всего для уточнения привязки керна используется диаграмма самого информативного для этой цели каротажного зонда – А2М0,5N. Значительно повышается точность привязки керна при применении комплекса каротажных диаграмм, включающего: стандартный каротаж, акустический каротаж, радиоактивный каротаж, гамма-каротаж и нейтронный гамма-каротаж. Привлекаются кавернометрия, микрозонд, боковой каротаж и др.

Стандартный каротаж состоит из двух видов каротажа: КС и ПС (кажущееся сопротивление и кривая самопроизвольной поляризации) и является главным методом, который характеризует неоднородное строение разреза. При этом используют свойства разной электропроводимости пород (табл. 3.9). Низкими сопротивлениями обладают песчаники, поэтому кривая ПС отклонена влево. Глинистые породы обладают высокими сопротивлениями, поэтому кривая ПС отклонена вправо. Карбонатные породы характеризуются высокими сопротивлениями на КС и низкими сопротивлениями на ПС. Породы, содержащие нефть или газ, характеризуются, как правило, повышенными сопротивлениями. По сочетанию высокого сопротивления на КС и высокого сопротивления на кривой ПС фиксируются угли.

Методы радиоактивного каротажа: гамма-каротаж (ГК) и нейтронный гамма-каротаж (НГК) также позволяют увязывать поднятый керн с глубиной его естественного залегания, так как породы разного литологического состава характеризуются разной радиоактивностью. Так, по величине естественной радиоактивности осадочные горные породы можно разделить на следующие группы [32]:

- 1) породы очень высокой радиоактивности (бентонит, вулканический пепел);
- 2) породы высокой радиоактивности (глубоководные тонкодисперсные глины, калийные соли);
- 3) породы средней радиоактивности (мелководные континентальные глины, мергели, известняковые и песчаные глины);
- 4) породы низкой радиоактивности (пески, песчаники, известняки, доломиты);
- 5) породы очень низкой радиоактивности (гипсы, каменная соль, ископаемые угли, ангидрит).



Для разрезов нефтеносных районов, на кривой ГК глины обычно отмечаются максимумами, а пески, песчаники, известняки и доломиты – минимумами. При привязке керна к каротажу особое внимание уделяется контактам между породами с контрастной радиоактивностью.

Выделить более детально в разрезе местоположение плотных и проницаемых пластов, которые не отмечаются на обычных диаграммах, позволяет *микрозонд* – специальный каротажный зонд малой длины. Выделение карбонатных, нефтенасыщенных и угольных прослоев возможно благодаря индукционному каротажу (ИК).

По комплексу каротажных диаграмм:

**Глины** характеризуются следующими признаками:

- на диаграммах КС и ИК против глин обычно регистрируются низкие значения кажущегося сопротивления, которые увеличиваются при повышении плотности и карбонатности глин;
- на диаграммах ПС глинам отвечают положительные аномалии (кривая занимает правое положение);
- высокое значение гамма-излучения;

**Песчаники** характеризуются:

- широким диапазоном кажущегося сопротивления; для газоносных и нефтеносных пород обычно характерны высокие значения КС, для водоносных – низкие.
- отрицательными аномалиями ПС уменьшающимися при увеличении глинистости песчаного пласта;
- уменьшения диаметра скважины из-за образования глинистой корки.

**Карбонатные породы** (известняки и доломиты) характеризуются:

- широким диапазоном изменения КС в зависимости от типа и значения пористости, характера насыщения; нефтегазонасыщенные породы имеют более высокие значения, чем водонасыщенные;
- отрицательными аномалиями ПС уменьшающимися при увеличении глинистости;
- низкими значениями гамма-излучения, возрастающими с увеличением глинистости;
- зависимостью величины диаметра скважины от структуры пустотного пространства.

Песчаные и алевролитовые породы выделяются по совокупности диаграмм: ПС, кривой ГК и кавернограммы – по наибольшему отклонению кривой ПС от линии глин, по минимальной гамма-активности на кривой ГК, по сужению диаметра скважины на кавернограмме в результате образования глинистой корки при бурении скважины.

Таблица 3.8

Связь комплексов различных типов слоистости с отложениями разного генезиса  
(по Л.Н. Ботвинкиной, с сокращениями В.П. Алексева [2])

Отложения				Континентальные							Переход- ные	Морские									
				Отложения склонов			Речные		Водоемов			Прибрежные			Более глубоководные						
Типы слоистости (и неслоистые текстуры)				Делювий	Конуса выноса	Сухие дельты	Русло	Пойма	Озера (внутренняя часть)	Болота	Лагуны	Подводной дельты	Бары, пересыпи	Пляжи, бичи	Ватты	Мелководная зона волне-	Донные течения	Мутьевые течения	Спокойной седиментации		
				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Слоистые текстуры	Простые типы	Косая	очень крупная					●				■					●				
			крупная					■					■	■	■			■			
			мелкая					■	■					●	●	○			■		
			очень мелкая						○				■								
		Косоволнистая						○	■			■	●	●		■	■				
		Волнистая	несимметричная	крупная														○			
				мелкая				○	■				●	■		■	■			○	
			симметричная	крупная													○		▲		
				мелкая										○	○		○	■		▲	○
		Пологоволнистая							■	○		■				■	■			○	
		Горизонтальная						○	■	■	●	■		●		●		○	■	■	

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Слоистость, обусловленная рельефом дна	наклонная		●	●	●														
		заполнения и облекания		●	●											○				⊖
Неслоистые текстуры	Сложные типы слоистости	диагональная																⊖		
		пучковидная											●!	●!	●!					
		ёлочкой																		
		сложная волнистая							■							○	■			
		сложная полосчатая									○									
	Текстуры нарушений слоистости	заворот верха слоя						●!												
		воздушные карманы										●!			○!					
		взмучивание и оплывание										●					●			
		оползание, смятие			○											■	■		○	
		нарушение илоедами										■				■	■	○		
		растрескивание								○			○							
	Некоторые неслоистые текстуры	однородная																		■
комковатая										■										

- Основной, ведущий тип слоистости, определяющий фацию
- Тип, часто встречающийся в данной фации, но не определяющий ее
- Тип, встречающийся не часто или не характерный
- ⊖ Тип, еще никем не отмеченный, но теоретически возможный в данной фации
- ! Тип особенно характерен для данной фации, хотя может быть встречен редко, в особых условиях
- ▲ Характерное отсутствие данного типа

Таблица 3.9.

Таблица каротажной характеристики основных типов осадочных пород. (Матигоров А.А., 1998г.).

Название породы		Каротажная характеристика породы						
		КС (значения)	ПС (аномалии)	Микрозонды	ГК (значения)	НГК (значения)	Каверномер	ИК (проводимость)
Песок		высокие (десятки, сотни ом)	слабые и глубокие отрицательные	$\Delta\rho = \rho^{\text{мпз}} - \rho$ $\Delta\rho > 0$ , большие приращения	низкие	средние	сужение диаметра	высокая, выше, чем у глин
Песчаник	Нефть чист.	высокие, более 10 ом	отрицательные	положительные приращения, более низкие КС	низкие	средние	сужение диаметра	низкая
	Нефть глин.	Низкие, 4–10 ом			повышенные	пониженные		
	Вода чист.	высокие	отрицательные	положительные приращения	низкие	средние	сужение диаметра	самая высокая
	Вода глин.	низкие, 2–6 ом			повышенные	пониженные		средняя
Алеврит (алевролит)		пониженные (выше глин, ниже песчаников)	$\alpha_{\text{сп}} = \frac{U_i}{U_{\text{сп}}^{\text{max}}}$ , (=0,6–0,3)	низкие КС, малые приращения $\Delta\rho$	высокие значения	низкие	сужение диаметра	средняя
Глина		низкие, 4–5 ом	положительные	самые низкие КС, $\Delta\rho = 0$	очень высокие	самые низкие	каверна	выше средней
Аргиллит		выше, чем у глин, 5–8 ом	положительные	низкие КС, $\Delta\rho = 0$ , кривые резко дифференцированы	самые высокие	низкие, чуть выше, чем у глин	небольшая каверна	выше средней
Карбонатные породы		высокие	невыраженные	самые высокие, $\Delta\rho = 0$	самые низкие	самые высокие	номинальный диаметр	низкая
Уголь		высокие	отрицательные	$\Delta\rho > 0$	низкие	средние	каверна	пониженные



Для распознавания глинистых коллекторов используют следующий комплекс: амплитуды кривой ПС, удельные сопротивления, кавернограммы, кривые микрокаротажа, гамма-каротажную кривую.

Коллекторы в карбонатном разрезе (известняки и доломиты) имеют различные структуры пустотного пространства. Распознавание отдельных типов по геологическим и геофизическим материалам весьма сложно.

Для проверки правильности интервалов отбора керна и его укладки на буровой, особенно для привязки интервалов при неполном выходе керна, проводят регистрацию гамма излучения керна (гамма спектрометрию керна). Результаты гамма-спектрометрии керна используются также для подтверждения интерпретации литологических параметров по каротажным значениям, они оказывают помощь в определении ожидаемого начала интервала отбора керна, в определении тонкослоистых пластов. В ходе гамма-спектрометрии керна по результатам измерения энергии гамма излучения определяют концентрации радиоактивных калия, тория и урана и суммарной их составляющей и естественную радиоактивность пород пласта.

В результате сопоставления данных по керну и гамма-каротажа, проведенного в скважине, устанавливается глубина истинного залегания пород.

По результатам сравнения керновых данных с каротажными диаграммами и уточнения глубин отбора керна производится изменение записей в журналах отбора керна.

### **3.5. Построение литологических и седиментологических колонок и литолого-геофизических разрезов скважин**

Результаты послойного описания керна часто изображаются в виде литологических и седиментологических колонок и литолого-геофизических разрезов по скважинам.

*Литологическая колонка* (рис. 3.8) отражает литологический состав разреза. В зависимости от целей исследования вертикальный масштаб колонки может соответствовать масштабу стандартных каротажных диаграмм – 1:200 и 1:500, либо выбирается произвольно. Произвольный масштаб желательно выбрать кратным 1:200 или 1:500.

При этом следует руководствоваться тем, что выбранный масштаб должен позволять различать даже минимальные по мощности прослои и их особенности.

Наиболее приемлемым вертикальным масштабом для построения литологических колонок является масштаб 1:50 или 1:200.

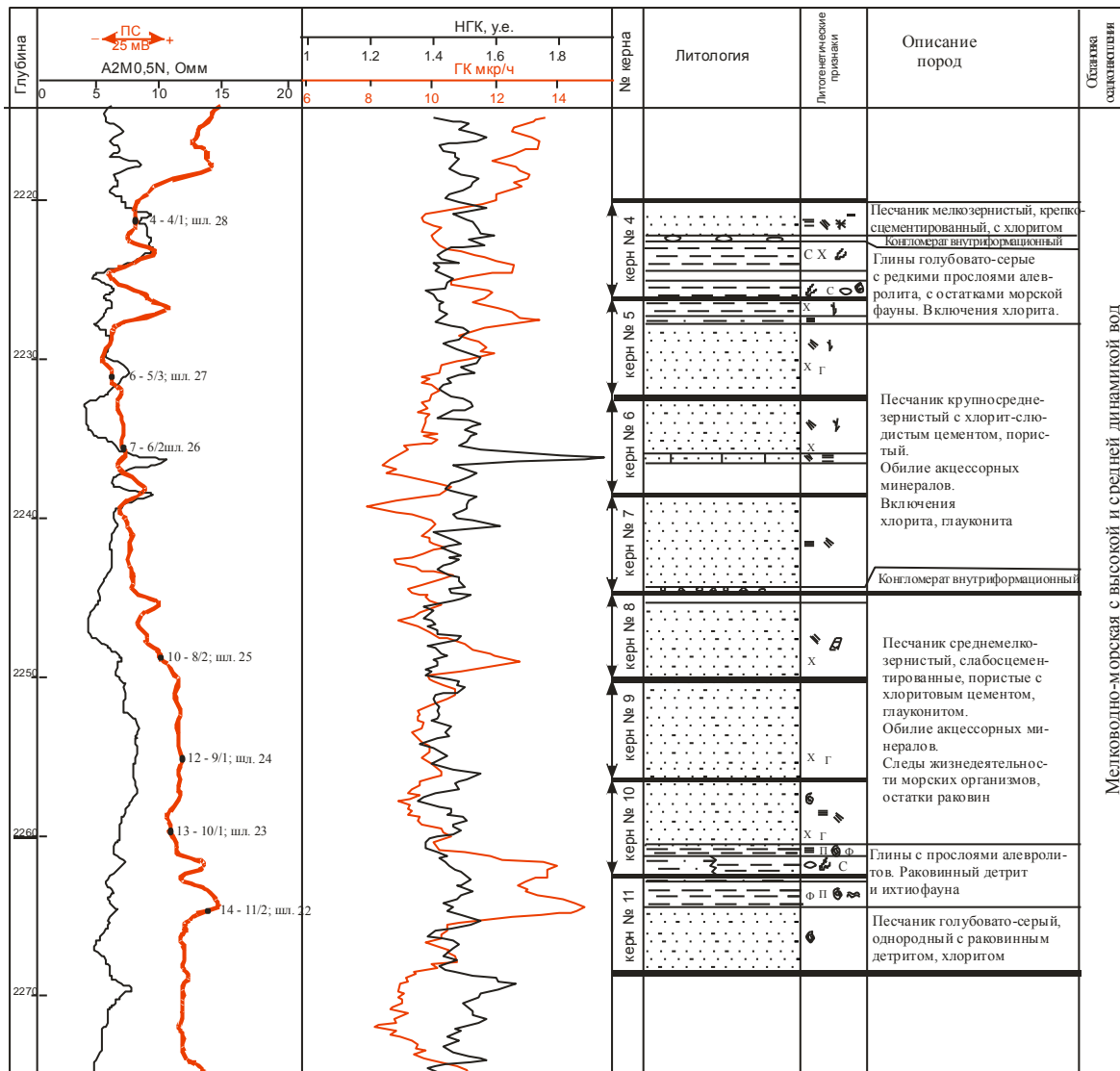


Рис. 3.8. Пример литолого-геофизического разреза

Толщина колонки обычно составляет 2,5–5 см. В колонке с учетом принятого масштаба откладывается толщина прослоев; в участках неполного выхода керна, она откладывается в соответствии с данными комплекса каротажа.

Рядом (обычно справа) с литологической колонкой помещают комплекс каротажных диаграмм или диаграмму стандартного каротажа, выполненные в том же масштабе, что и литологическая колонка. При этом отметки глубин строго выравнивают по горизонтали.

На литологической колонке можно указать границы интервалов отбора керна и его выход. Участки, где не поводелся отбор керна, на колонке остаются как свободное белое поле и иногда сопровождаются надписью «кern не поднят».

Показывается характер границ между слоями: постепенные переходы – горизонтальными сплошными (отчетливый контакт) или прерывистыми (неотчетливый контакт) линиями; границы углового несогласия – наклонной линией с сохранением угла падения (часто угол подписывается в градусах); границы перерывов и размыва слоев – волнистой линией.

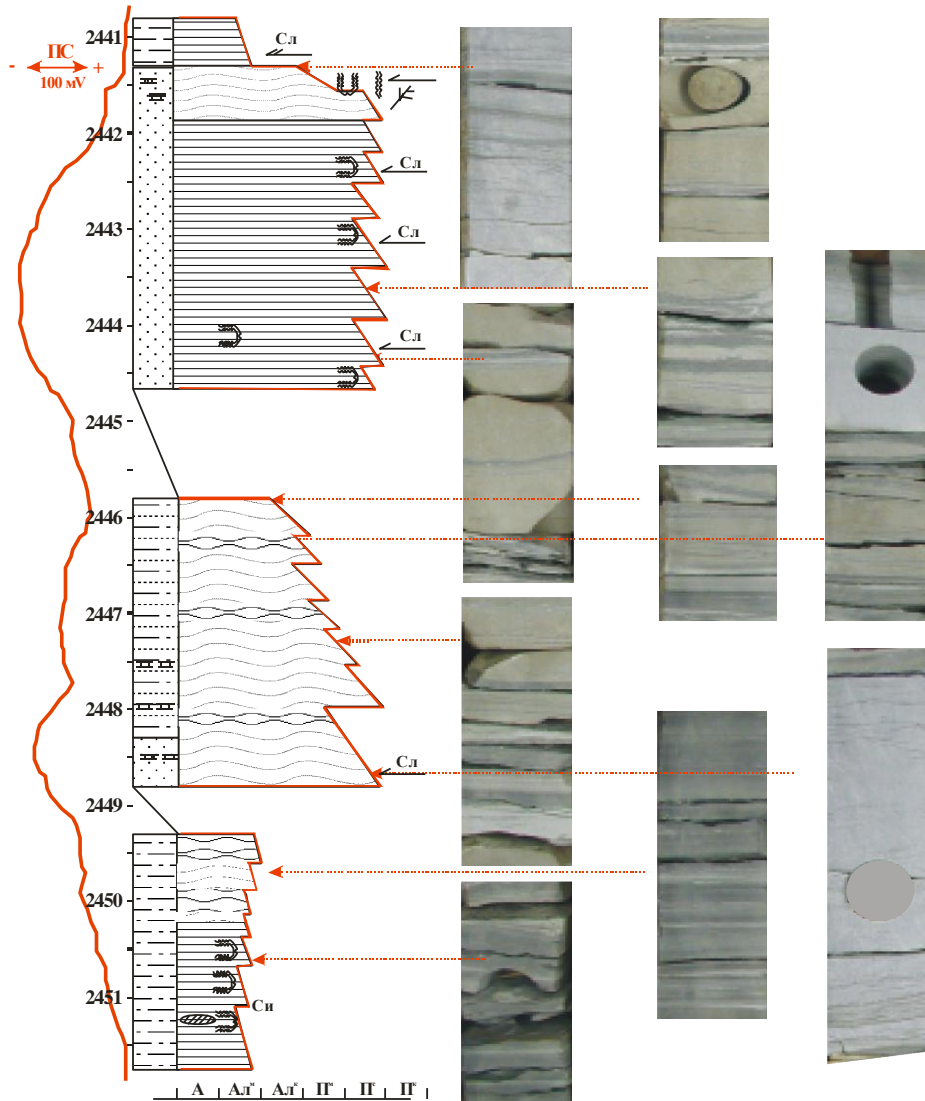
С помощью условных знаков обозначается литологический состав пород, минеральные и органические включения, иногда в колонке или за ее пределами справа указываются условными знаками текстурные особенности пород. Справа от колонки напротив каждого выделенного прослоя приводится его краткая литологическая характеристика.

После построения литологической колонки по разрезу скважины, проводится ее анализ, при котором устанавливается последовательность осадконакопления и, исходя из общих закономерностей строения разрезов данной территории и их стратиграфической приуроченности, производится выделение и индексация пластов, толщ и свит. Слева достраиваются колонки со стратиграфическими данными.

**Седиментологическая колонка** часто дополняет литологическую или строится отдельно. Она отражает не только литологический состав разреза, но и структурные изменения пород по разрезу, которые отраиваются в горизонтальном масштабе с правой стороны колонки. Часто строят совместные литологические и седиментологические колонки, сопровождая построение каротажными диаграммами и фотографиями керна (рис. 3.9).

Вертикальный масштаб седиментологической колонки выбирают аналогично масштабу литологических колонок. Горизонтальный масштаб выбирают в зависимости от размера обломочного материала – в терригенных толщах или крупности кристаллических зерен – в карбонатных и кремнистых толщах, слагающих разрез.





**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

<b>Тип пород</b>		-Кривая гранулометрического состава пород	<b>Минеральные включения:</b>		
- песчаник - аргиллит - переслаивание алевrolита и песчаника - алевrolит - переслаивание аргиллита и алевrolита - карбонатизация пород	- рассеянная примесь слюды		<b>Фауна:</b>		
<b>Контакты</b>		<b>Текстура</b>		- белемниты - ракушки	
- отчетливый, резкий - постепенный - с размывом	- горизонтальная - волнисто-линзовидная - косослонистая - массивная - правильная полого-волнистая	<b>Следы и включения</b>			
		<b>Нарушения</b>		- редкий растительный детрит - обильный растительный детрит - крупный растительный детрит - ходы илоедов	
		- биотурбирование - следы оползневых процессов - взмучивание			

Рис. 3.9. Пример сочетания литологической и седиментологической колонок, построено А.И. Кулдамановым

Гранулометрия пород или размер кристаллических зерен определяются ситовым гранулометрическим анализом или измеряются под микроскопом. При построениях обычно используют средние размеры зерен, а отклонения комментируются в описании справа.

Цена деления зависит от разброса значений размерности зерен и увеличивается слева направо: в левой части располагаются пелиты (менее 0,01 мм), затем алевроиты (0,01–0,1 мм), псаммиты (0,1–1,0 мм) и псефиты (более 1 мм).

Внутри выделенных классов также возможно деление на более дробные единицы, например:

0,01–0,025 мм – мелкозернистые алевроиты (Ал<sup>М</sup>);

0,025–0,05 мм – среднезернистые алевроиты (Ал<sup>С</sup>);

0,05–0,1 мм – крупнозернистые алевроиты (Ал<sup>К</sup>).

В соответствии со средним размером слагающих породы пласта частиц отстраиваются точки, которые внутри отдельного пласта соединяются плавными или прямыми линиями (в зависимости от того, плавно или постепенно меняется размерность зерен в породах пласта).

Чем больше по горизонтали ширина отстроенного слоя (или его части), тем соответственно крупнее размер слагающих его частиц.

Границы между слоями, литологический состав слоев и их текстурные особенности выносятся на седиментологическую колонку так же, как и при построении литологических колонок.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается и для каких целей проводится предварительный этап?
2. С какой целью проводится ревизия керна?
3. Что такое состыковка керна, как она осуществляется?
4. Для каких целей и в какой последовательности проводится первичное описание керна? Какие сведения указываются при этом? Как оформляется первичное описание керна?
5. Какие признаки пород и в какой последовательности указывают при детальном макроскопическом описании керна описании?
6. Какие породы обычно слагают нефтеносные комплексы и как определяют их название?
7. Как определяют цвет пород? Назовите причины, определяющие цвет пород.
8. Как описывают текстуры пород? Приведите классификацию текстур, по Н.Б. Рухину?

9. Какие структурные характеристики приводят при макроскопическом описании?
10. Каким образом определяется состав пород при их описании?
11. Какие типы пустот можно увидеть в керне при его детальном описании?
12. Как диагностируются и описываются трещины и прожилки разного происхождения (диагенетические, катагенетические и тектонические), в чем их различие наличие?
13. Что такое конкреции, как они проявляются в керне и как описываются?
14. Как описываются окаменелости и растительные остатки, отмечаемые в керне?
15. Какие признаки нефтенасыщения можно установить в керне, как они проявляются?
16. Как устанавливают достоверность положения в разрезе извлеченного керна?
17. Назовите признаки выделения песчаных, глинистых и карбонатных пород по каротажу.
18. Для каких целей проводится гамма-спектрометрия керна?
19. Что такое маркирующие горизонты и почему при уточнении местоположения керна в разрезе они играют ведущую роль?
20. Для каких целей строятся литологические и седиментологические колонки и литолого-геофизические разрезы?
21. Чем литологические колонки отличаются от седиментологических? Как их строят?