

### 3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МАКРОСКОПИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КЕРНА

#### 3.1. 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. 3.1).

Уточнение привязки керна 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 (реперов) – пространственно и литологически выдержанных пластов горных пород, имеющих ясную и однозначно выраженную каротажную характеристику – и точной привязки керна, отобранного из этих горизонтов. Прежде всего выделяют реперы первой категории: они обладают наибольшей мощностью, имеют более отчетливую геофизическую характеристику и, как правило, региональное площадное распространение; затем последовательно выделяют реперы более низкого порядка (рис. 3.2).

Установление положения маркирующих горизонтов в разрезе скважины позволяет не только уточнить интервалы отбора керна,

но и проводить корректную интерпретацию разреза в целом или его отдельных интервалов и облегчает выяснение положения отдельных горизонтов.

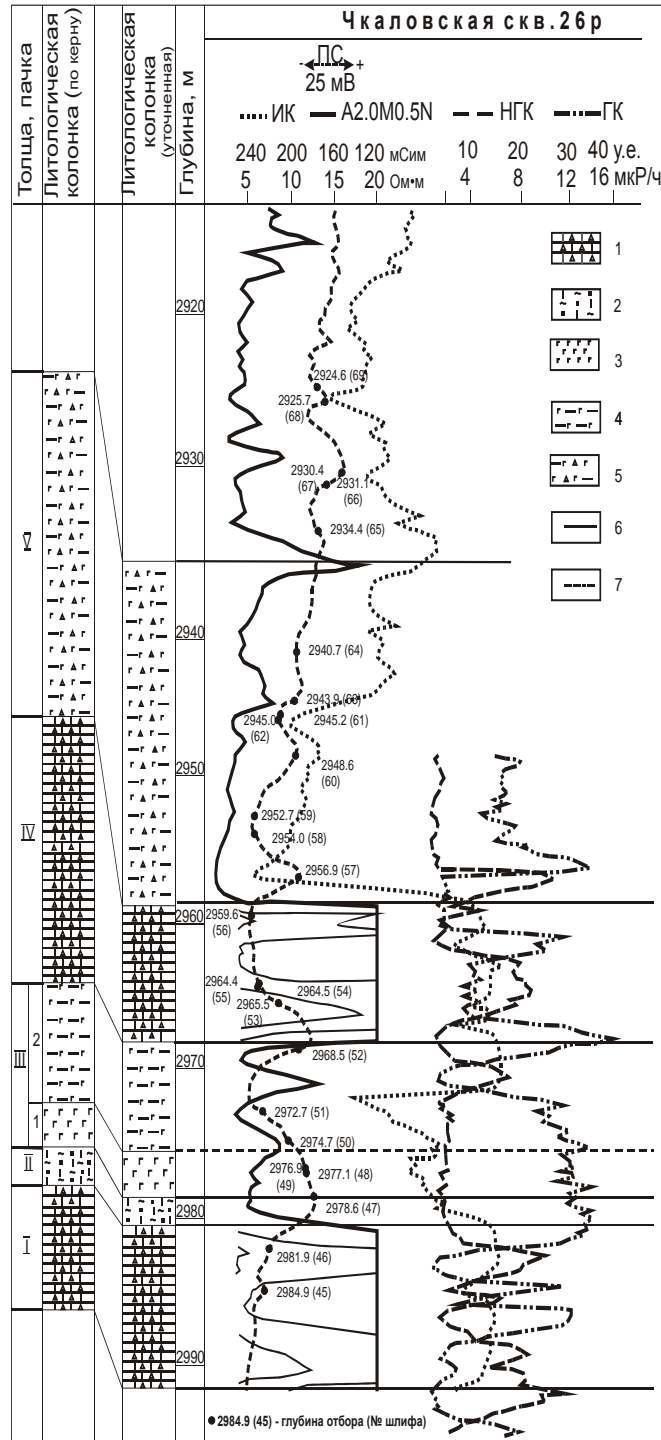


Рис. 3.1. Пример увязки керна с каротажными диаграммами и выделения продуктивных горизонтов по ГИС и керну

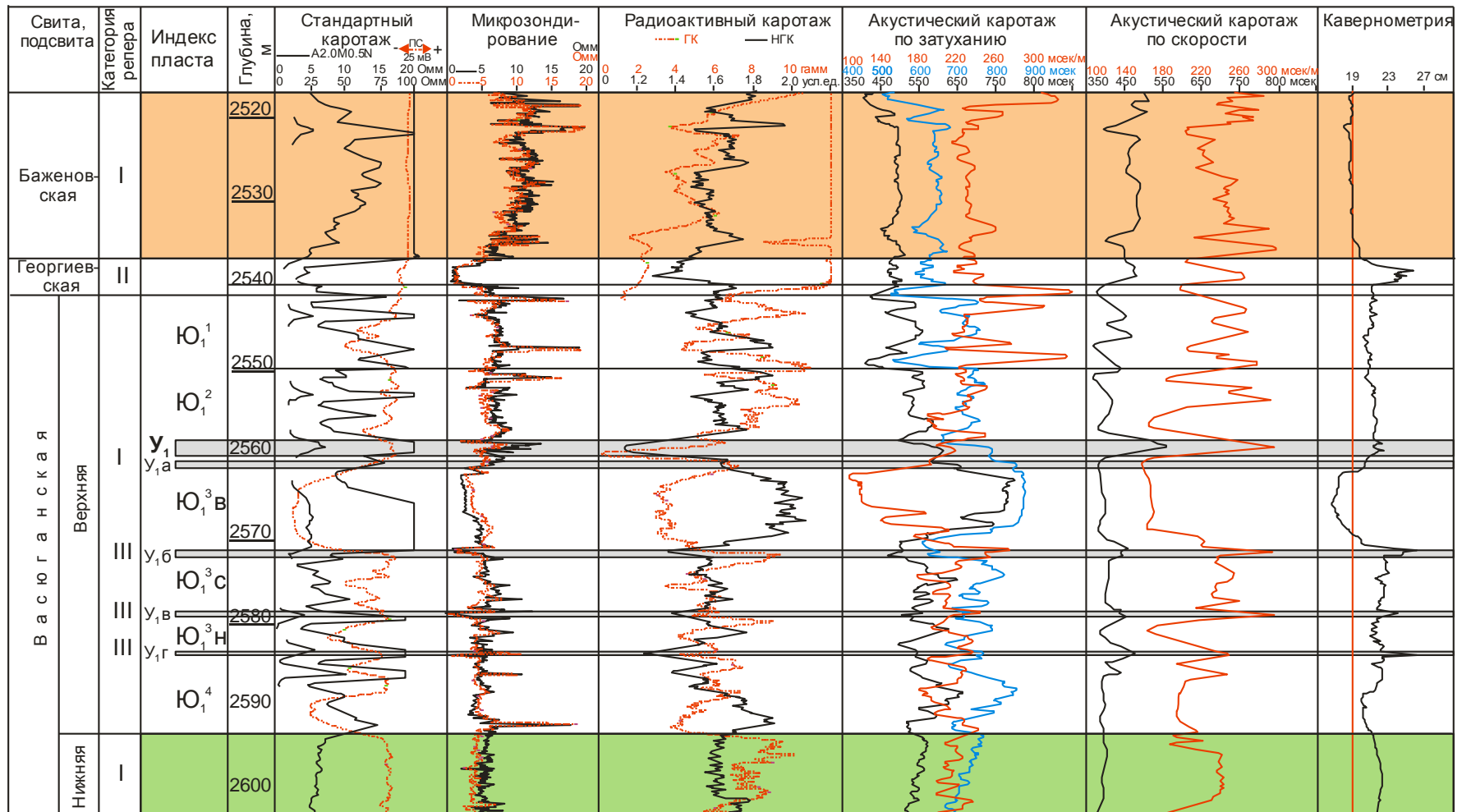


Рис. 3.2. Пример выделения реперов разной категории по геофизическим данным

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 пород и другим признакам (например: карбонатизация), легко диагностируемым по каротажным диаграммам.

Чаще всего для уточнения привязки керна используется диаграмма самого информативного для этой цели каротажного зонда – А2.0М0.5N. Значительно повышается точность привязки керна при применении комплекса каротажных диаграмм, включающего: стандартный каротаж, акустический каротаж, радиоактивный каротаж, гамма-каротаж и нейтронный гамма-каротаж (рис. 3.2). 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. 3.1). 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:

- 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).

Таблица 3.1.

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

Название породы		Каротажная характеристика породы						
		КС	ПС	Микрозонды	ГК	НГК	Каверномер	ИК
<b>Песок</b>		Высокие (десятки, сотни ом)	Слабые и глубокие отрицательные аномалии	$\Delta\rho = \rho^{\text{мз}} - \rho$ $\Delta\rho > 0$ , большие приращения	Низкие значения	Средние значения	Сужение диаметра	Высокая проводимость, выше, чем у глин
<b>Песчаник</b>	<b>Нефть</b> чист.	Высокие, более 10 ом	Отрицательные	Положительные приращения, более низкие КС	Низкие значения	Средние значения	Сужение диаметра	Низкая проводимость
	<b>Нефть</b> глин.	Низкие, 4-10 ом			Повышенные значения	Пониженные		
	<b>Вода</b> чист.	Высокие	Отрицательные	Положительные приращения	Низкие значения	Средние значения	Сужение диаметра	Самая высокая
	<b>Вода</b> глин.	Низкие, 2-6 ом			Повышенные значения	Пониженные		Средняя
<b>Алеврит (алевролит)</b>		Пониженные значения (выше глин, ниже песчаников)	$\alpha_{\text{сп}} = U_{\text{сп}}^i / U_{\text{сп}}^{\text{max}}$ , (=0,6-0,3)	Низкие КС, приращения $\Delta\rho$ малые	Высокие значения	Низкие значения	Сужение диаметра	Средняя проводимость
<b>Глина</b>		Низкие, 4-5 ом	Положительные значения	Самые низкие КС, $\Delta\rho = 0$	Очень высокие	Самые низкие	Каверна	Выше средней
<b>Аргиллит</b>		Выше, чем у глин, 5-8 ом	Положительные значения	Низкие КС, $\Delta\rho = 0$ , кривые резко дифференцированы	Самые высокие	Низкие значения, чуть выше, чем у глин	Небольшая каверна	Выше средней
<b>Карбонатные породы</b>		Высокие значения	Невыраженные, уменьшение аномалии	Самые высокие, $\Delta\rho = 0$	Самые низкие	Самые высокие	Номинальный диаметр	Низкая проводимость
<b>Уголь</b>		Высокие значения	Отрицательные аномалии	$\Delta\rho > 0$	Низкие значения	Средние и низкие	Каверна	Пониженные значения

Для разрезов нефтеносных районов, на кривой ГК глины обычно отмечаются максимумами, а пески, песчаники, известняки и доломиты – минимумами. При привязке керн 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 [10, 25]:

- 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.

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-каротажу, проведенному в скважине, устанавливается глубина истинного залегания пород.

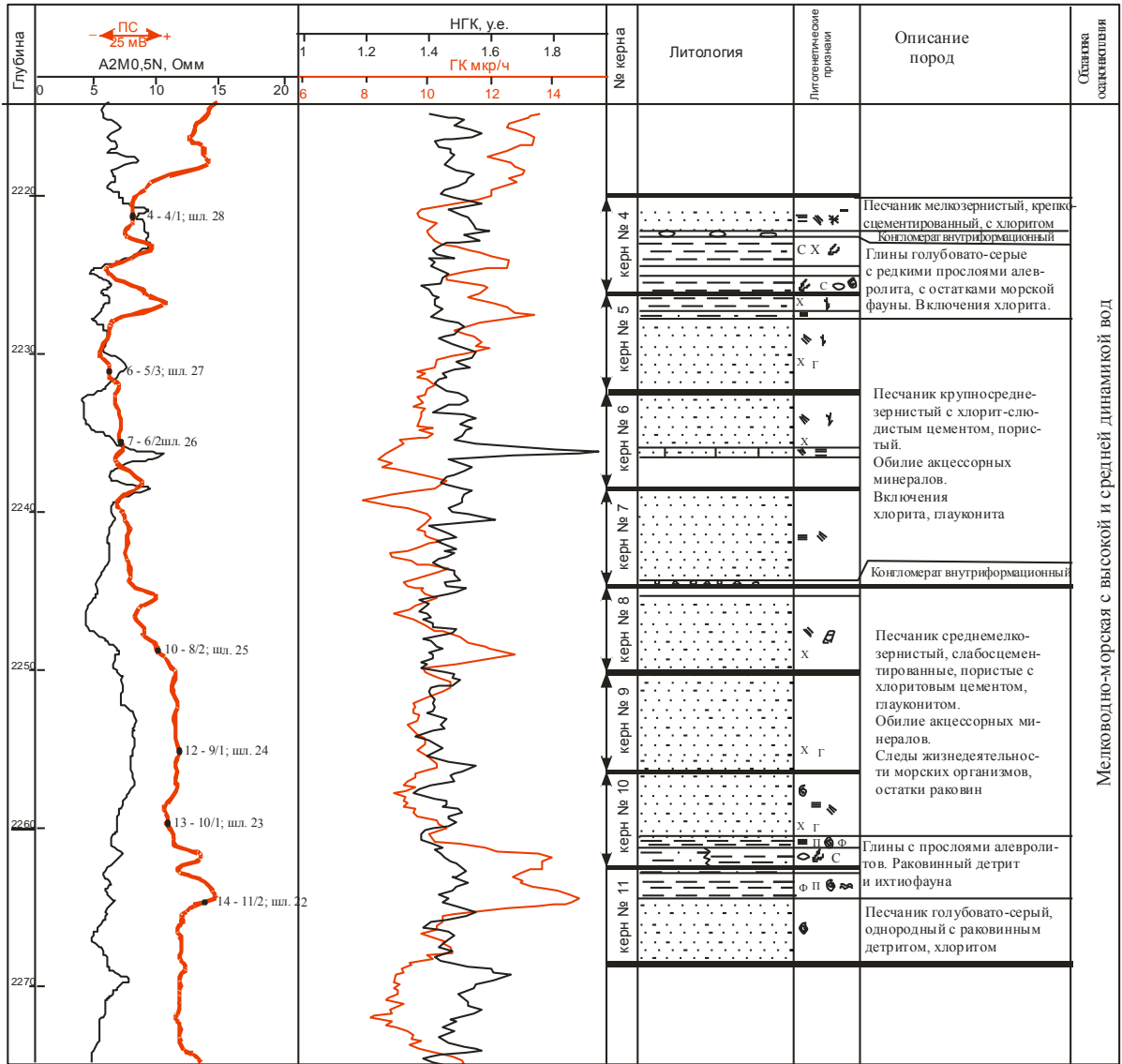
По результатам сравнения керновых данных с каротажными диаграммами и уточнения глубин отбора керна производится изменение записей в журналах отбора керна.

### **3.2. 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. 3.3) 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 выбирать кратным 1:200 или 1:500, при этом следует руководствоваться тем, что выбранный масштаб должен позволять различать даже минимальные по мощности прослой и их особенности.

Наиболее приемлемым вертикальным масштабом для построения литологических колонок является масштаб 1:50 или 1:200 [11].



Условные обозначения



Рис. 3.3. 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, выполненную 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».

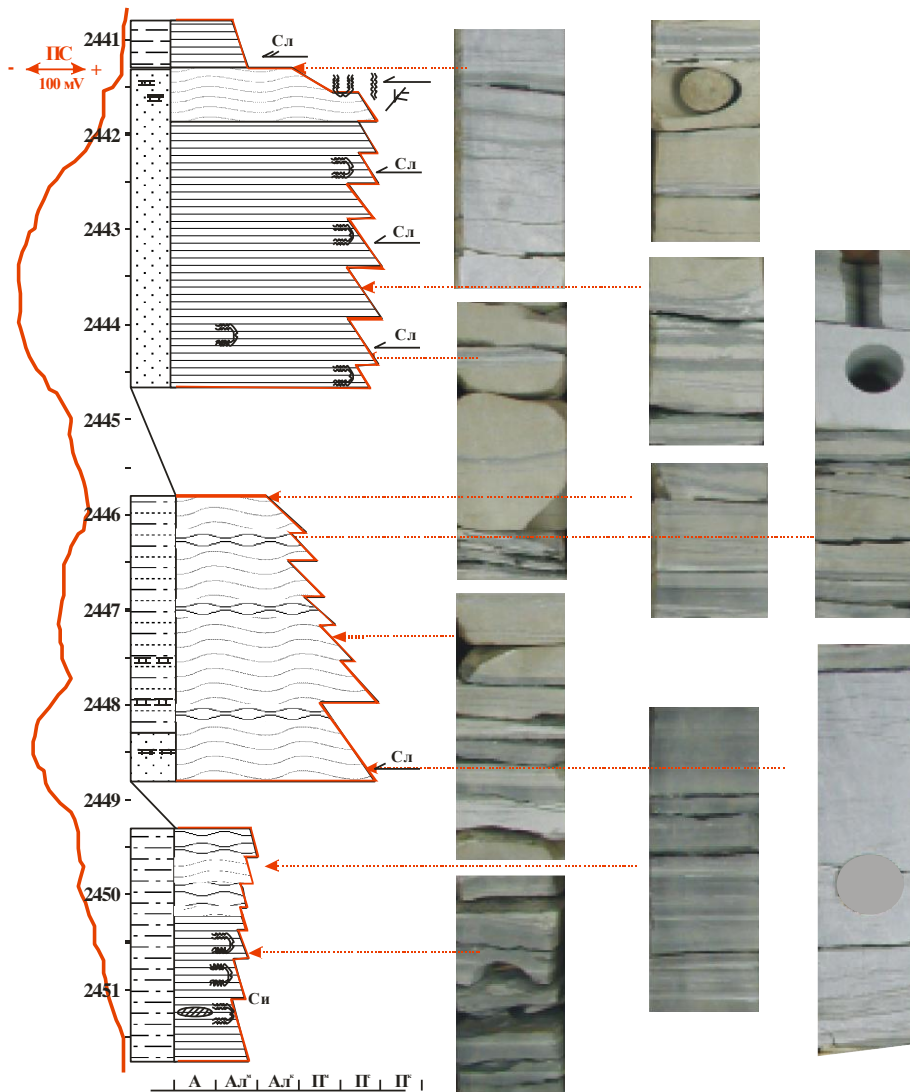
Показывается характер границ между слоями: постепенные переходы – горизонтальными сплошными (отчетливый контакт) или прерывистыми (неотчетливый контакт) линиями; границы углового несогласия – наклонной линией с сохранением угла падения (часто угол подписывается в градусах); границы перерывов и размыва 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 колонку или строится отдельно. Она отражает не только литологический состав разреза и текстурные особенности пород, но и структурные изменения пород по разрезу, которые отстраиваются в горизонтальном масштабе с правой стороны колонки.

Часто строят совместные литологические и седиментологические колонки, сопровождая построение каротажными диаграммами и фотографиями керна (рис. 3.4). 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**

<p><b>Тип пород</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - песчаник</li> <li> - аргиллит</li> <li> - переслаивание алевролита и песчаника</li> <li> - алевролит</li> <li> - переслаивание аргиллита и алевролита</li> <li> - карбонатизация пород</li> </ul> <p><b>Контакты</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - отчетливый, резкий</li> <li> - постепенный</li> <li> - с размывом</li> </ul>	<p> - Кривая гранулометрического состава пород</p> <p><b>Текстура</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - горизонтальная</li> <li> - волнисто-линзовидная</li> <li> - косослоистая</li> <li> - массивная</li> <li> - правильная полого-волнистая</li> </ul> <p><b>Нарушения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - биотурбирование</li> <li> - следы оползневых процессов</li> <li> - взмучивание</li> </ul>	<p><b>Минеральные включения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - рассеянная примесь слюд</li> </ul> <p><b>Фауна:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - белемниты</li> <li> - ракушки</li> </ul> <p><b>Следы и включения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> - редкий растительный детрит</li> <li> - обильный растительный детрит</li> <li> - крупный растительный детрит</li> <li> - ходы илоедов</li> </ul>
---	---	---

Рис. 3.4. Пример сочетания литологической и седиментологической колонок, по А.И. Кудаманову и др.

Гранулометрия пород или размер кристаллических зерен определяются визуально или с помощью палеток (рис. 2.5–2.7). При построениях обычно используют средние размеры зерен, а отклонения комментируются в описании справа. Цена деления гранулометрической шкалы зависит от разброса значений размерности зерен и увеличивается слева направо: в левой части располагаются пелиты (менее 0,01 мм), затем алевриты (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 алевриты (Ал<sup>М</sup>); 0,025–0,05 мм – среднезернистые алевриты (Ал<sup>С</sup>); 0,05–0,1 мм – крупнозернистые алевриты (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.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какими методами устанавливаются истинные значения интервалов отбора керна?
2. Что такое маркирующие пласты, чем они отличаются от других пластов и для каких целей их выделяют?
3. Какие виды каротажных диаграмм используют при выделении глинистых, углистых, карбонатных и песчаных пород?
4. Назовите породы с высокой и низкой радиоактивностью.
5. Что такое литологическая колонка? Как она оформляется, какие сведения содержит? Для каких целей служит?
6. Что такое геолого-геофизический разрез? Как он строится, из каких элементов состоит?
7. Что такое седиментологическая колонка, как и для каких целей ее строят?
8. Обоснуйте, какой иллюстративный материал, в какой последовательности можно привести при описании разрезов скважин?
9. Как выбирается и обозначается цена деления гранулометрической шкалы при построении седиментологических колонок и от чего она зависит?
10. Какие сведения выносятся на седиментологическую колонку?