

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.В. Ежова

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по нефтегазовому образованию в качестве учебного пособия для подготовки дипломированных специалистов по специальности 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» направления 130500 «Нефтегазовое дело» и специальности 130304 «Геология нефти и газа»

2-е издание

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Томского политехнического университета
Томск 2008

УДК 550.832(075.8)

ББК 26.3я73

Е 41

Ежова А.В.

Е-35

Геологическая интерпретация геофизических данных: учебное пособие / А.В. Ежова. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 117 с.

ISBN 5-98298-404-3

В учебном пособии изложены общие принципы и задачи промысловых геофизических исследований, проводимых в скважинах (электрических, радиоактивных, акустических и др. методов); приведены основные положения системного анализа осадочных толщ по промыслово-геофизическим данным; рассмотрены геологические основы картирования осадочных толщ при интерпретации геофизических материалов; описаны критерии выделения коллекторов, оценки их свойств и прогноз их распространения по данным электростратиграфии скважин.

Предназначено для студентов вузов нефтегазового профиля, обучающихся по специальностям «Геология нефти и газа», «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых скважин», а также для студентов, аспирантов и других специалистов, занимающихся научными исследованиями в области нефтяной геологии.

УДК 550.832(075.8)

ББК 26.3я73

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензенты

Главный геофизик ОГУП «Томскинвестгеонефтегаз»,
Заслуженный геолог РФ
Э.В. Кривошеев

Главный геолог ЗАО «Томская нефть»
Почетный нефтяник РФ
И.А. Сизиков

ISBN 5-98298-404-3

© Ежова А.В., 2004

© Томский политехнический университет, 2004

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Геологическая интерпретация геофизических данных» является научно-прикладным разделом нефтяной геологии, предназначенным для изучения литологических комплексов осадочной толщи геофизическими методами исследования скважин. Настоящее учебное пособие включает в себя две части: лекционный курс «Комплексная интерпретация результатов геофизических исследований скважин» и лабораторный практикум «Практическое руководство для выполнения лабораторных работ». Первая часть содержит разделы: геофизические методы исследования скважин, системный анализ осадочных толщ по промыслово-геофизическим данным, интерпретация геофизических данных при картировании осадочной толщи, критерии выделения коллекторов по данным электрометрии скважин. В лабораторном практикуме изложены приемы определения состава пород по комплексу каротажных диаграмм, правила корреляции, методы картирования осадочных толщ и выводы о геолого-историческом развитии территории, а также приемы типизации коллекторов и установления распространения, различных их типов по площади.

В процессе обучения студенты должны уметь ставить геологические задачи, решение которых доступно геофизическими методами; оценить возможности каждого метода и комплекса геофизических методов для решения определенных геологических задач; владеть навыками элементарных расчетов по геофизическим материалам; уметь анализировать результаты геофизических исследований и делать выводы о строении и составе пород, слагающих геологический разрез; уметь использовать геофизические материалы для определения состояния реальной геологической среды.

Способы решения этих задач отражены в данном учебном пособии. В его основу положены обобщенные и систематизированные сведения по интерпретации результатов геофизических исследований разрезов скважин [4, 5, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 22], нефтяной литмологии [13, 14], электрометрии терригенного разреза [21], изучение пород-коллекторов нефти и газа [24], литолого-фациальным и палеогеоморфологическим анализам осадочных толщ [1, 2, 9, 15, 20, 23, 25]; приводится также словарь геолого-геофизических терминов, составленный в основном, по Геологическому словарю [3].

Исходным материалом для выполнения лабораторных работ служат комплексы каротажных диаграмм, схемы расположения скважин

определенных участков нефтегазоносных площадей, справочные таблицы, стратиграфические колонки по скважинам.

Эта работа предполагает знание студентами дисциплин «Минералогия», «Литология» и «Геофизические исследования в скважинах». Предназначена для студентов нефтяных специальностей и служит основой для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов с литературой, геолого-геофизической информацией и материалами производственных практик.

Автор выражает глубокую благодарность сотруднице кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений ТПУ Л.В. Батретдиновой за помощь при оформлении учебного пособия.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И НАИМЕНОВАНИЯ

Геометрические характеристики скважин

d_c – диаметр скважин, см (м)
 d_k – диаметр каверны, см (м)
 $d_{зп}$ – диаметр зоны проникновения фильтрата глинистого раствора, см (м)
 $d_{пп}$ – диаметр промытой зоны, см (м)
 $d_{ок}$ – диаметр обсаженной колонны, см (м)
 $h_{гк}$ – толщина глинистой корки, мм

Методы потенциалов собственной поляризации

$U_{пс}$ – потенциал собственной поляризации, мВ
 $E_{да}$ – диффузионно – адсорбционная ЭДС, мВ
 $E_{да п}$, $E_{да гл}$, – то же, песчаников, глин, мВ
 E_s – статическое значение ЭДС равное $E_{да п} + E_{да гл}$, мВ
 $R_{гл}$, $R_{п}$, K_c – сопротивление глин, пласта, скважины, Ом·м
 I – сила тока, А

Методы электрического сопротивления

$\rho_{п}$ – электрическое удельное сопротивление, Ом·м
 ρ_k – кажущееся электрическое удельное сопротивление, Ом·м
 $\rho_k^{мг}$, $\rho_k^{мп}$ – кажущееся сопротивление, измеренное микроградиент – и микропотенциал – зондами, Ом·м
 $\sigma_{п}$ – удельная электропроводность породы, мСим/м

Радиоактивные методы

I_γ – интенсивность естественного гамма – излучения, γ , мкр/ч
 I_n – интенсивность счета нейтронов в общем случае, имп/мин
 $I_{нт}$ – то же, нейтронов тепловой энергии, имп/мин
 $I_{н\gamma}$ – то же, нейтронов гамма – излучения радиационного захвата, имп/мин

Акустические методы

T_1, T_2 – время распространения упругих колебаний между ближним и дальним излучателем, мкс

ΔT – интервальное время распространения упругой волны, мкс/м

A_1, A_2 – относительные амплитуды упругих колебаний от ближнего и дальнего излучателей, мВ

α – коэффициент поглощения упругих волн, дБ/м

Критерии выделения коллекторов по данным электрометрии скважин

Md – статистический средний размер зерен в образце, мм

Mm – статистический максимальный размер зерен в образце, мм

So – коэффициент отсортированности осадка (породы) в образце, ед

$\alpha_{пс}$ – отношение значений кривой ПС изучаемого пласта к ее максимуму, доли ед

$\alpha_{пс 0,5}$ – условная граница между песчаниками и алеврито-глинистыми породами

$\alpha_{пс 0,8}$ – граница между коллекторами типов А и Б

$\alpha_{пс 0,6}$ – граница между коллекторами типов Б и В

$\alpha_{пс 0,4}$ – граница между коллекторами типов В и алеврито-глинистыми породами

$Kп$ – коэффициент песчаности – отношение мощности песчаников к общей мощности изучаемого пласта, %

$Kкл$ – коэффициент кластичности – отношение мощности крупно- и среднезернистых песчаников к мощности песчаных пород, %

ГЛАВА 1

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

1. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

1.1. Геологические задачи, решаемые геофизическими методами

"Интерпретация" – латинское слово. Оно означает разъяснение или толкование в геологических терминах смысла того или иного высказывания; в геофизике – это истолкование информации, полученной при физическом исследовании скважин.

Геофизические методы исследования скважин применяются для решения геологических и технических задач, связанных с поисками, разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых, а также с изучением гидрогеологических и др. особенностей исследуемых районов. Наиболее широкое применение геофизические методы получили при изучении нефтяных и газовых скважин в процессе их бурения, опробования и эксплуатации.

Одним из основных направлений исследования осадочной толщи скважинными геофизическими методами является изучение состояния геологической среды, вскрытой этой скважиной, т.е. изучение геологического разреза скважины.

Наиболее полная информация о разрезе скважины может быть получена прямыми методами, путем отбора и изучения образцов пород, извлеченных из скважины. Непрерывный отбор керна, представляющего весь литологический разрез, является трудной и дорогостоящей операцией. Поэтому информация о разрезе скважины по данным керна обычно имеется лишь по небольшим интервалам и ограниченному числу скважин. В связи с этим геологическая документация разрезов подавляющего числа скважин осуществляется на основании геофизических исследований скважин (ГИС), которые позволяют косвенным способом решить те же задачи, что и отбор керна.

Однако даже широкое внедрение ГИС не позволяет полностью отказаться от отбора керна. Существуют задачи, которые можно решить только на керновом материале: детальное изучение условий осадконакопления, диа- и катагенетические преобразования, определение типа пустотного пространства, минералогического состава и некоторые другие. Кроме того, хотя корреляционные связи между геологическими и физическими параметрами достаточно тесны, их

конкретный вид для того или иного района неизвестен и может быть изучен лишь на основе лабораторных исследований керна. Таким образом, ГИС совместно с изучением кернового материала составляет единый комплекс геолого-геофизического изучения разрезов скважин.

Изучение геологических разрезов скважин проводится с использованием электрических, магнитных, радиоактивных, термических, акустических и др. методов. Применение их основано на изучении физических естественных и искусственных полей различной природы. Интенсивность того или иного поля определяется разными факторами, в первую очередь физическими свойствами пород. Физические свойства находятся в тесной связи с литологической, емкостно-фильтрационной, продуктивной и другими характеристиками.

При изучении геологических разрезов скважин геофизическими методами решаются следующие основные задачи:

- геофизическое расчленение разреза и выявление геофизических коррелятивов (реперов);
- литологическая характеристика пород, слагающих разрезы скважин;
- выявление коллекторов и изучение их свойств (пористости, проницаемости, глинистости и др.);
- характер и объемное содержание флюидов, заполняющих поровое пространство коллекторов (нефть, газ, вода);
- выявление интервалов с высокой концентрацией других полезных ископаемых, имеющих промышленный интерес (уголь, руды, соль и др.).

На основании этих данных производятся все остальные работы:

- 1) разрез данной скважины сопоставляется с разрезами соседних скважин;
- 2) изучается геологическое строение площади;
- 3) выясняется форма и пространственное распространение выявленных продуктивных пластов;
- 4) намечаются интервалы перфорации;
- 5) подсчитываются запасы месторождения;
- 6) составляется проект разработки залежи;
- 7) осуществляется эксплуатация выявленных продуктивных пластов.

Таким образом, данные геофизических методов исследования скважин позволяют определить геологическое строение месторождений и продуктивных горизонтов как в локальном, так и в региональном масштабах.

1.2. Скважина как объект геофизических исследований. Метод кавернометрии

Скважины бурят с целью изучения геологии, поисков и разведки месторождений нефти, газа, угля, руд, пресных и термальных вод, строительных материалов, решения задач гидрогеологии и инженерной геологии. Основное число скважин бурят при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений, где методы ГИС имеют особенно большое значение.

Вскрывая толщи горных пород, скважина нарушает их естественное залегание. В результате частично изменяются физико-химические условия окружающей среды и петрофизическая характеристика пород, прилегающих к стенке скважины. Изменяются также первоначальные значения геостатического давления и температуры.

Горные породы обладают различными механическими свойствами. Плотные прочные породы изменяются мало. Поэтому диаметр скважины в них близок к номинальному (т.е. приблизительно равен диаметру долота). Рыхлые, хрупкие, трещиноватые породы, наоборот, размываются промывочной жидкостью, вследствие чего образуются **каверны**, т.е. увеличивается диаметр ствола скважины (рис.1).

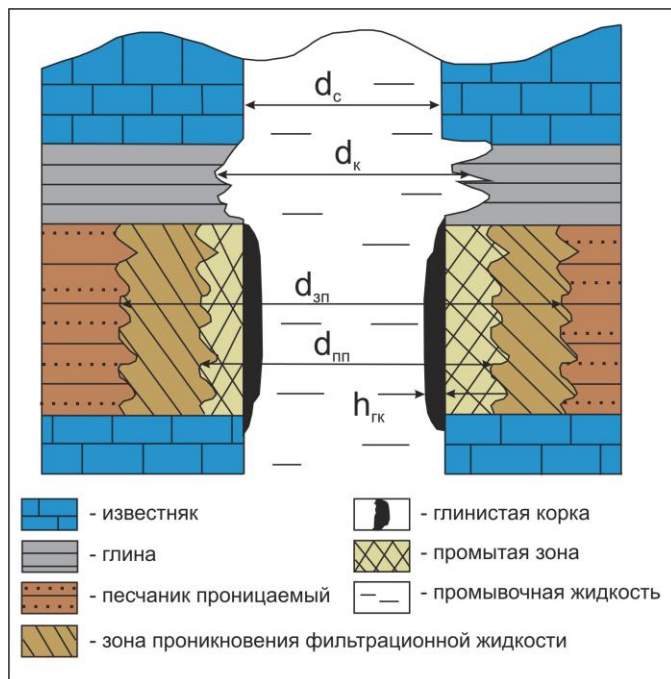


Рис. 1. Разрез необсаженной скважины:

d_c – диаметр скважины; d_k – диаметр каверны;
 $d_{зп}$ – диаметр зоны проникновения;
 $d_{пп}$ – диаметр промытой зоны;
 $h_{гк}$ – толщина глинистой корки

Существенные изменения происходят при разбуривании коллекторов, содержащих пластовые флюиды (нефть, газ, воду). Известно, что во избежание неконтролируемых выбросов при бурении осуществляют репрессию на пласт, т.е. гидростатическое давление промывочной жидкости поддерживают выше пластового давления. В результате возникает фильтрация скважинной жидкости в проницаемые пласты. Исходный флюид – нефть, газ, пластовая вода оттесняется, образуется **зона проникновения**, диаметр которой может превышать номинальный диаметр скважины на единицы сантиметров до десятков метров. Поры пород-коллекторов обычно имеют небольшие размеры (от единиц до сотен микрометров), и в такие породы поступает только фильтрат промывочной жидкости, а глинистые частицы оседают на стенке скважины, образуя **глинистую корку**, при этом уменьшается диаметр скважины.

Наиболее измененная часть пласта вблизи стенки скважины называется **промытой зоной**.

Изменение диаметра скважин, обусловленное физическими свойствами пород, дает возможность выделять основные типы пород и границы между ними. Этот метод носит название **кавернометрии**.

При изучении физических характеристик неизменной части пласта геофизическими методами сама скважина, промытая зона и зона проникновения фильтрата промывочной жидкости, являются препятствием для установления истинных параметров породы, ее пористости, проницаемости, глинистости, карбонатности, нефтегазонасыщения. Для установления влияния измененной части пласта на показания геофизических методов созданы специальные аппаратные устройства, позволяющие увеличить **глубинность метода в радиальном направлении**, и разработаны способы интерпретации, исключаящие влияние скважины, промытой зоны и зоны проникновения.

После окончания бурения и проведения геофизических исследований в открытом стволе скважину укрепляют обсадными металлическими колоннами. Пространство между опущенной колонной и стенкой скважины укрепляют с помощью цементного раствора для разобщения отдельных пластов и отдельного их опробования при поисках, разведке и разработке месторождений (рис. 2).

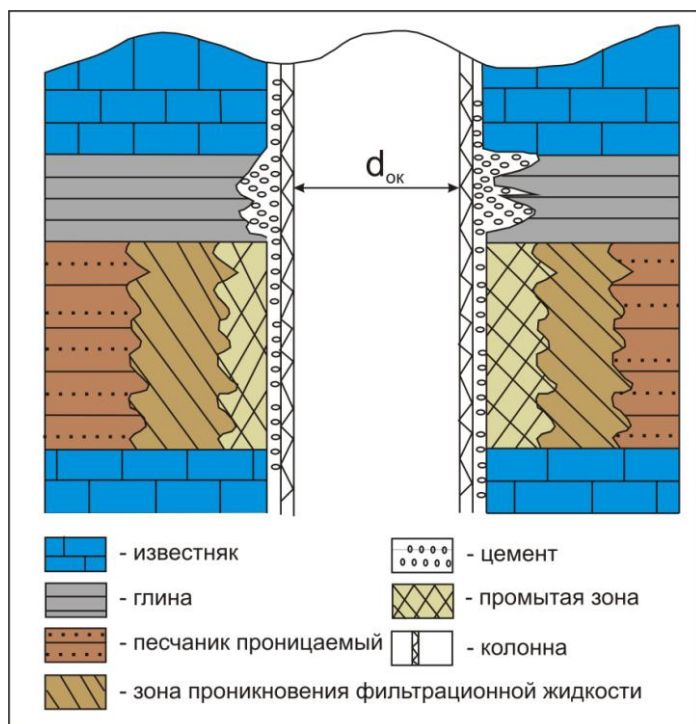


Рис. 2. Разрез скважины с обсадной колонной:
 $d_{ок}$ – диаметр обсаженной колонны

Характеристика промывочных жидкостей

При бурении скважины в качестве промывочных жидкостей, используемых для выноса на поверхность выбуренных частиц горных пород, а также для укрепления стенок скважин и вращения долота при турбинном бурении, применяются:

- специальный глинистый раствор с добавлением различных реагентов и утяжелителей;
- техническая вода, обогащенная глинистыми частицами из разбурываемых глинистых толщ;
- нефилтрующиеся растворы на нефтяной основе.

Промывочные жидкости характеризуются определенной плотностью, вязкостью, водоотдачей, содержанием песка, концентрацией солей и т.д. От физико-химических свойств промывочной жидкости зависит эффективность методов ГИС.

1.3. Электрические методы исследования пород в скважинах

Электрические методы исследования разрезов скважин основаны на изучении электромагнитных полей различной природы в горных породах.

По происхождению изучаемого поля методы электрометрии скважин делятся на две большие группы – естественного и искусственного электромагнитного поля, а по частоте поля – на методы постоянного и переменного тока.

1.3.1. Метод потенциалов собственной поляризации

Методы потенциалов ($U_{пс}$) самопроизвольной поляризации горных пород основаны на изучении естественных электрохимических процессов, протекающих на границах между скважиной и породами, а также на границах между пластами различной литологии в разрезе скважины.

Как известно, электрохимическая активность в растворах создается движением ионов, несущих положительные (катионы) или отрицательные (анионы) электрические заряды. Так, атомы натрия и хлора, стремясь к созданию устойчивых орбит вращения электронов (на внешней орбите должно быть 8 электронов), заряжаются противоположными знаками: ион Na заряжается положительно при потере одного электрона, а ион Cl, наоборот, приобретая один электрон, становится отрицательно заряженным (рис. 3).

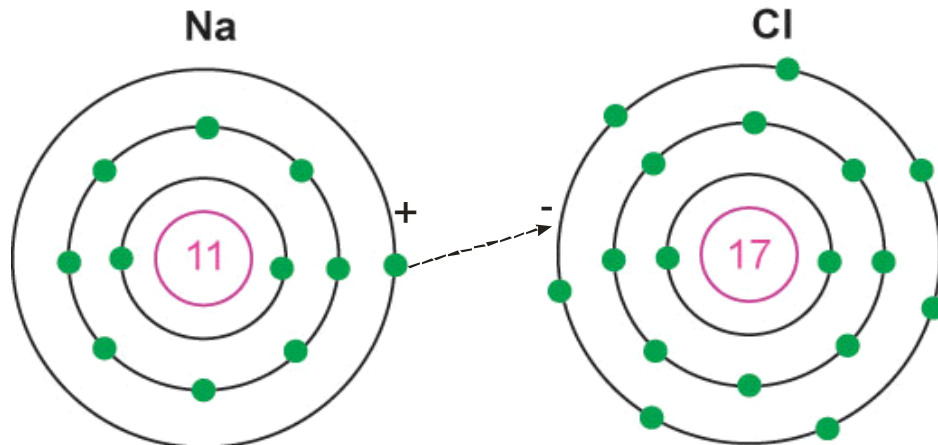


Рис. 3. Образование ионов в электролитах

Кроме ионных связей, существуют асимметричные ковалентные связи. Например, молекула воды является электрическим диполем, образование которого связано с тем, что атом кислорода “оттягивает” себе большую часть электронного облака. Это дает сильно электроотрицательному атому кислорода дополнительный отрицательный заряд за счет частичного присоединения электронов

атомов водорода; менее электроотрицательный атом водорода приобретает поэтому положительный заряд (рис. 4).

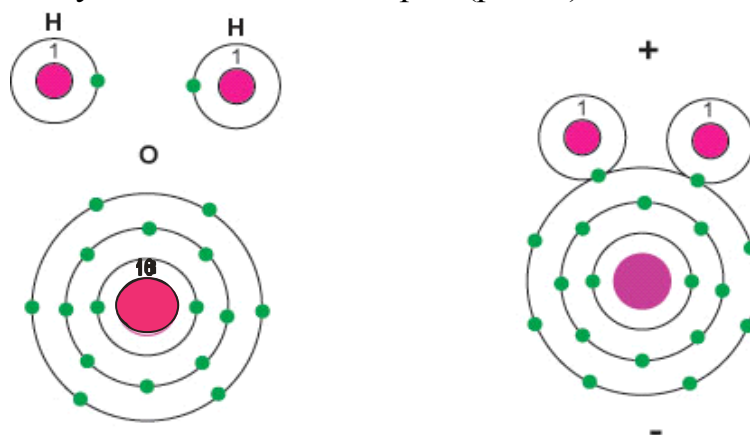


Рис. 4. Образование полярной молекулы воды посредством ковалентных связей

Электрохимическая активность может иметь диффузионно-адсорбционный, окислительно-восстановительный и фильтрационный характер.

Диффузионно-адсорбционная ЭДС возникает на границе растворов различной концентрации (пластовые воды и фильтрат промывочной жидкости) и на границе раствора и горной породы.

Пластовые воды являются электролитами, поскольку в них присутствуют ионы растворенных солей, в большинстве случаев – ионы Na и Cl. Ионы диффундируют (распространяются) в стороны раствора меньшей концентрации, каким является пресная вода промывочной жидкости. Анионы (ионы Cl) двигаются быстрее, чем катионы (ионы Na). Поэтому в скважине напротив проницаемых пород (коллекторов) возникает объемный отрицательный заряд.

Катионы адсорбируются (концентрируются) на поверхности твердых минеральных высокодисперсных частиц, эта поверхность заряжается положительно.

Таким образом, диффузионно-адсорбционная активность возрастает с повышением содержания глинистого материала, и в скважинах против однородных высокодисперсных глинистых пород создается наибольшая положительная величина разности потенциалов.

Наименьшими значениями диффузионно-адсорбционной активности характеризуются чистые песчаные и карбонатные породы с высокой пористостью и проницаемостью.

Наиболее наглядной является кривая потенциалов собственной поляризации (ПС) в терригенном разрезе, представленном

чередованием глин, чистых песчаников, а также песчаников и алевролитов с различной глинистостью – коллекторов и неколлекторов. На рис. 5 показана электрохимическая ячейка, возникающая на границе глина – песчаник – скважина, заполненная промывочной жидкостью на водной основе (глинистым раствором) [17]. Ячейка представлена замкнутым электрическим контуром, в котором последовательно включены диффузионно-адсорбционные ЭДС глины $E_{да\ гл}$, песчаника $E_{дап}$, активные сопротивления, эквивалентные сопротивлению глин $R_{гл}$, пласта $R_{п}$, скважины $R_{с}$, в объеме, по которому проходит постоянный ток силой I . Статическое значение E_s определяется суммой ЭДС $E_{да\ гл}$ и $E_{да\ п}$.

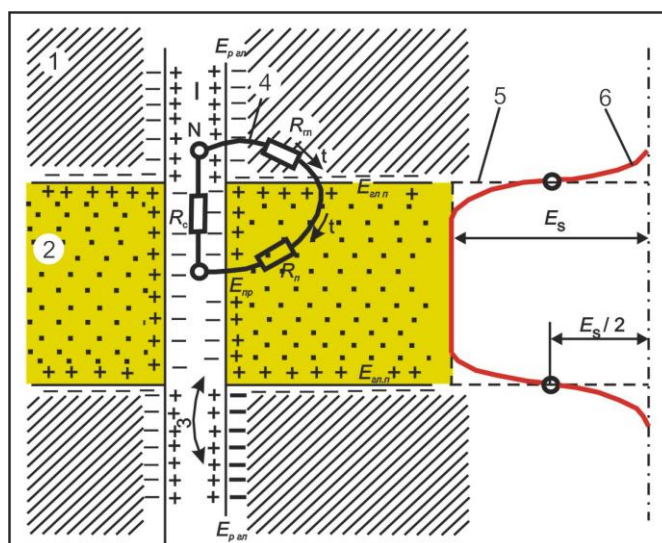


Рис. 5. Естественное электрическое поле диффузионного происхождения в пласте песчаника, залегающего среди глин (по М.Г. Латышовой и др., 1990)

1 – вмещающие породы (глины); 2 – песчаник; 3 – двойные электрические слои на границах глина – песчаник, песчаник – скважина, скважина – глина; 4 – эквивалентная электрическая схема ПС в скважине; графики: 5– E_s ; 6 - ПС

Обычно буровой раствор в скважине является более пресным, чем пластовая вода, поэтому песчаный пласт отмечается отрицательной аномалией ПС по отношению к линии глин (значению потенциала ПС в глинах).

Окислительно-восстановительные потенциалы возникают в горных породах, содержащих минералы с электронной проводимостью. При контакте последних с раствором происходит реакция окисления - потеря электронов. Например, $Fe^{+2} \rightarrow \text{окисление} \rightarrow Fe^{+3} + \bar{e}$. Поверхность пород при этом заряжается положительно, а раствор – отрицательно.

Фильтрационные потенциалы возникают при течении жидкости через горные породы под давлением. Жидкость увлекает часть ионов диффузного слоя. В результате капилляр заряжается положительно, а на его конце с высоким давлением возникает отрицательный потенциал. Таким образом, между концами капилляра возникает разность потенциалов течения - фильтрационная ЭДС.

Диаграммы методов ПС характеризуют изменения соответствующих потенциалов – диффузионно-адсорбционных, окислительно-восстановительных, фильтрационных. Наибольшее распространение получили методы, основанные на диффузионно-адсорбционной активности.

Таким образом, «естественные электрические поля в скважинах возникают благодаря протеканию на границе между породой и буровым раствором, а также между пластами различных электрохимических процессов, обусловленных диффузией солей, фильтрацией жидкости и окислительно-восстановительными реакциями» [17].

Эти естественные электрические поля фиксируются электродом при его перемещении в необсаженном стволе скважины и записываются в виде кривой. В связи с этим на кривой ПС могут быть выделены участки, соответствующие развитию высокодисперсных компонентов, в первую очередь, глинистого материала, обладающего высокой адсорбционной способностью, а также участки, характеризующиеся низкой адсорбционной способностью и отвечающие наличию в разрезе низкодисперсных образований – неглинистых песчаных пород – коллекторов. Первые отличаются отклонением кривой ПС в сторону положительных, а вторые – в сторону отрицательных значений [5, 21].

Диаграмма ПС не имеет нулевой линии. Горизонтальный масштаб зарегистрированной кривой ПС указывается числом миллиВольт, приходящимся на отрезок 2 см. Знаками «+» и «-», помещаемыми по краям этого отрезка указывается полярность кривой ПС. Отсчет берут справа налево. Обычно знаки «+» и «-» расположены так, что отклонение кривой ПС влево означает уменьшение потенциала, вправо - его увеличение.

Ввиду отсутствия на диаграмме ПС нулевой линии в качестве условной нулевой линии, от которой отсчитывают отклонение кривой ПС в милливольт, используют линию глин, проводя ее по участкам кривой с наиболее положительными показаниями ПС, соответствующим интервалам разреза, которые представлены глинами. Вторая линия проводится по участкам кривой ПС с максимальным отрицательным отклонением, соответствующим интервалам разреза,

представленным глинистыми неглинистыми песчаниками (рис. 6). Линия, соответствующая половине этого расстояния принимается, за условную границу между песчаными и алевроито-глинистыми породами [21].

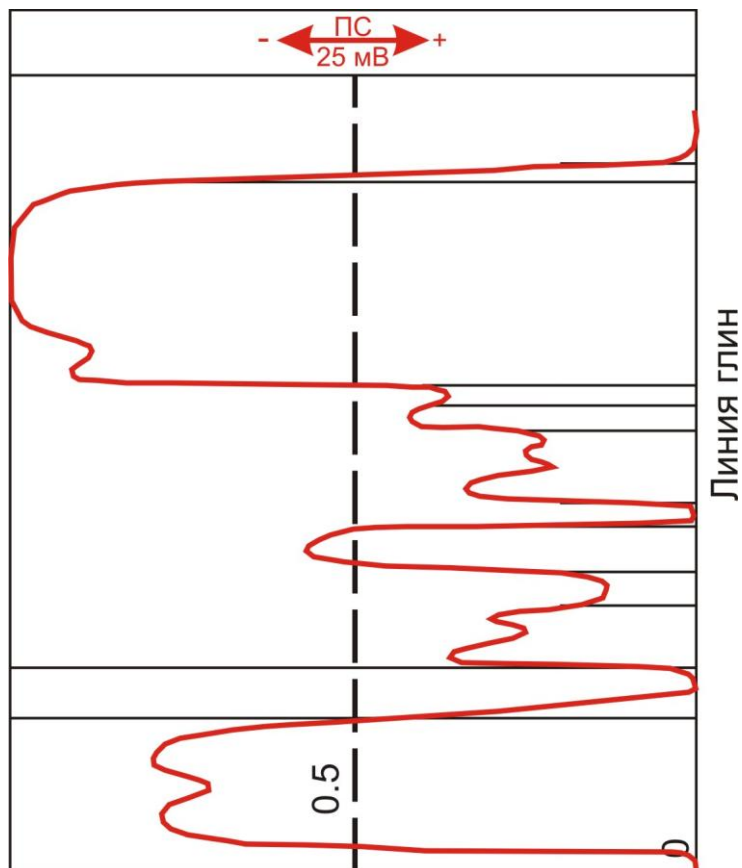


Рис. 6. Пример выделения пластов в терригенном разрезе по диаграмме ПС

Границы пластов на кривой ПС соответствуют точкам перегиба. При мощности пласта, превышающей 3 диаметра скважины (> 20 м), границы пластов составляют половину максимального отклонения амплитуды ПС. Чем меньше мощность пласта, тем больше смещаются границы пласта к максимуму кривой.

Таким образом, метод потенциалов ПС является одним из основных методов электрометрии для исследования разрезов нефтяных и газовых скважин. Он позволяет решать круг геологических задач, связанных с изучением литологии разреза, установлением границ пластов, проведением корреляции разрезов, выделением в разрезах пород – коллекторов, определением минерализации пластовых вод и фильтрата промывочной жидкости, определением коэффициента глинистости, пористости, проницаемости и нефтегазонасыщения.

1.3.2. Методы электрического сопротивления

Искусственные электрические и электромагнитные поля создаются в породах генераторами переменного или постоянного тока различной мощности. Изучение этих полей проводится с помощью каротажа сопротивлений (КС), микрокаротажа (МК), бокового каротажа (БК), бокового микрокаротажа (БМК).

Методы электрического каротажа сопротивления основаны на различии горных пород в электропроводности. Величиной, характеризующей способность породы пропускать электрический ток, служит удельное электрическое сопротивление, измеряемое в Ом·м.

По характеру электропроводности минералы относятся к следующим группам (табл. 1):

- **проводники** – тела (вещества), обладающие способностью хорошо проводить электрический ток. Они содержат большое количество носителей тока – свободных электрически заряженных частиц, которые в электрическом поле приходят в упорядоченное движение, образуя электрический ток проводимости. В проводниках 1 рода (металлах и сплавах) носителями тока являются электроны; в проводниках 2 рода (электролитах) – ионы ; их удельное сопротивление составляет менее 10^{-6} Ом·м.
- **полупроводники** – вещества с электронной проводимостью (за счет движения свободных электронов, слабо связанных с ионами). Главная особенность полупроводников – резкое возрастание их удельной электрической проводимости с увеличением температуры. К полупроводникам относятся многие руды, сульфиды, окислы. Они имеют удельное электрическое сопротивление от 10^{-6} до 10^{-2} Ом·м.
- **диэлектрики** – вещества, почти не проводящие электрический ток. Их удельное сопротивление изменяется от 10^8 до 10^{15} Ом·м. К ним относятся основные породообразующие минералы – кварц, полевые шпаты, кальцит, слюды. К диэлектрикам относятся также нефть и газ.

Каменные угли характеризуются как плотные породы, содержащие малое количество проводящего материала. Величина удельного сопротивления в них составляет 10^2 – 10^6 Ом·м.

Глинистые минералы (гидрослюды, монтмориллонит, каолинит и др.) характеризуются достаточно низкими сопротивлениями (менее 10^{-4} Ом·м).

Минералы – диэлектрики (основные породообразующие минералы обломочных пород) и полупроводники (сульфиды, окислы) составляют “жесткий” скелет большинства горных пород. Глинистые

Таблица 1

Пределы изменения удельного электрического сопротивления минералов и горных пород [17, 22]

Минералы, горные породы	ρ , Ом. м											
	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	10^0	10^2	10^4	10^6	10^8	10^{10}	10^{12}	10^{14}
Металлы (Fe, Ni, Cu, Ag), сплавы	xxx											
Пластовые воды (растворы солей – электролиты)			xxx	xxx	xxx							
Пирит			xxx									
Руды, оксиды (магнетит, гематит, ильменит, рутил)			xxx	xxx	xxx	xxx						
Глинистые минералы (гидрослюда, монтмориллонит, каолинит)			xxx									
Кварц											xxx	xxx
Полевой шпат											xxx	
Слюды												xxx
Кальцит									xxx	xxx	xxx	
Уголь каменный						xxx	xxx	xxx				
Нефть и газ										xxx	xxx	xxx
Каменная соль						xxx	xxx					
Песчаник						xxx	xxx					
Известняк						xxx	xxx					
Изверженные и метаморфические породы						xxx	xxx	xxx				

минералы создают “пластичный” скелет. Характерно, что “пластичные” минералы способны адсорбировать связанную воду, а породы с “жесткими” минералами могут насыщаться только свободной водой.

Удельное электрическое сопротивление свободных подземных вод (гравитационных и капиллярных) изменяется от долей Ом·м при высокой общей минерализации ($m > 10$) до 1000 Ом·м при низкой минерализации ($m < 0,01$). Химический состав солей, растворенных в воде, не играет существенной роли.

Удельное сопротивление связанных подземных вод низкое и изменяется от 10^{-2} до 10 Ом·м.

Низкое сопротивление пластовых вод, представляющих собой растворы солей (электролиты), объясняется ионным характером проводимости в них. При повышении температуры и концентрации солей сопротивление водных растворов понижается.

Так как поровая влага (свободная и связанная) отличается значительно более низким удельным электрическим сопротивлением, чем минеральный скелет, то сопротивление большинства горных пород практически не зависит от его минерального состава, а определяется такими факторами, как пористость, трещиноватость, водонасыщенность, с увеличением которых сопротивление горных пород уменьшается.

Нефть и газ не проводят электрический ток, поэтому, находясь в поровом пространстве пород, они частично замещают воду и снижают проводимость породы. В то же время, в порах пород, содержащих нефть и газ, даже при насыщении пород углеводородами до 90 %, содержится некоторое количество минерализованной пластовой воды. Обволакивая зерна породы, она образует сеть тонких каналов и пленок, обеспечивающих электропроводность нефтегазоносных пород. Смеси пластовых вод и углеводородов имеют тем меньшее удельное электрическое сопротивление, чем больше объемная доля в них приходится на воду и чем выше ее минерализация и температура.

Несмотря на широкий диапазон изменения удельных электрических сопротивлений у разных пород, основные закономерности установлены достаточно четко. Изверженные и метаморфические породы характеризуются высокими сопротивлениями (от 500 до 10000 Ом·м). Среди осадочных пород высокие сопротивления (100–1000 Ом·м) отмечаются у каменной соли, известняков, песчаников. Обломочные осадочные породы, как правило, имеют тем большее сопротивление, чем больше размер зерен, слагающих породу.

При переходе от глин к суглинкам, супесям и пескам удельное сопротивление изменяется от долей и первых единиц до первых десятков и сотен Ом·метров.

Метод обычных зондов кажущегося сопротивления

Удельное электрическое сопротивление изучается с помощью зондов, обеспечивающих распространение тока в скважинах. Ток от источника, расположенного на поверхности через токовые электроды зонда поступает в скважину и окружающие ее горные породы (рис. 7).

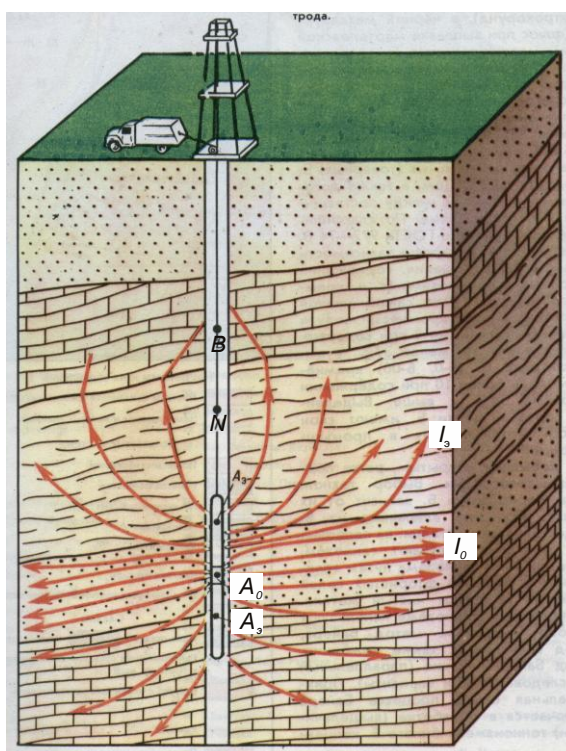


Рис. 7. Схема проведения трехэлектродного бокового каротажа:

- A_0 – основной токовый электрод; A_3 – экранный электрод;
- B – обратный токовый электрод;
- N – обратный измерительный электрод;
- I_0 – токовые линии основного токового электрода;
- I_3 – токовые линии экранного электрода

Управление (фокусировка) полем зонда осуществляется при помощи экранных электродов, которые препятствуют растеканию тока основного электрода по скважине и направляют его в исследуемый пласт. Измеряются разность потенциалов между электродами (одним из экранных и удаленным измерительным) и сила тока через основной токовый электрод. Кажущееся сопротивление (частное этих величин)

регистрируется при помощи каротажной станции, расположенной на поверхности.

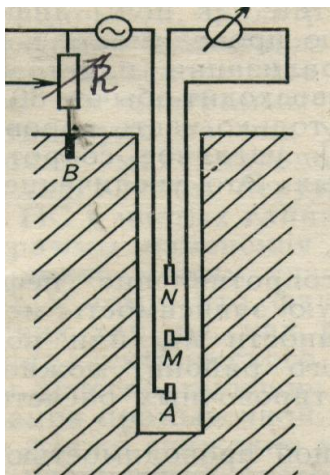


Схема измерения удельного электрического сопротивления показана на рис. 8. Электрическое поле создается в горных породах с помощью питающих электродов А и В. Разность потенциалов и напряженность поля измеряется посредством измерительных электродов М и N. Электрический ток на питающие электроды А и В подается от генератора тока.

Рис. 8. Схема измерений методом КС

Трехэлектродная установка AMN, предназначенная для измерения ρ_n , называется зондом КС. Четвертый электрод В размещается на поверхности.

На рис. 9 показаны виды зондов КС, зависящие от величины электрического поля и расположения электродов.

Зонды обозначаются буквами.

А... М... N или N... М... А. Между буквами ставятся соответствующие расстояния. Если расстояния $AM \gg MN$ – градиент-зонд ($A_2M_{0,5}N$), $MN \gg AM$ – потенциал-зонд ($N_{11}M_{0,5}A$).

Если обозначение начинается с буквы А – зонд называется **последовательным**, с N – **обращенным**.

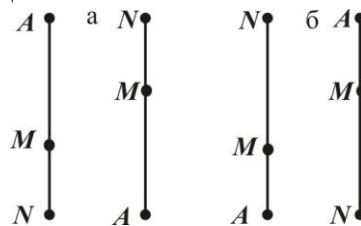


Рис. 9. Виды зондов КС:

а – градиент-зонды;
б – потенциал-зонды

Таким образом, в скважине замеряется удельное электрическое сопротивление пород. В связи с неоднородностью среды в скважине, обусловленной наличием пластов различного удельного сопротивления и глинистого раствора, полученный результат называется **кажущимся** удельным сопротивлением.

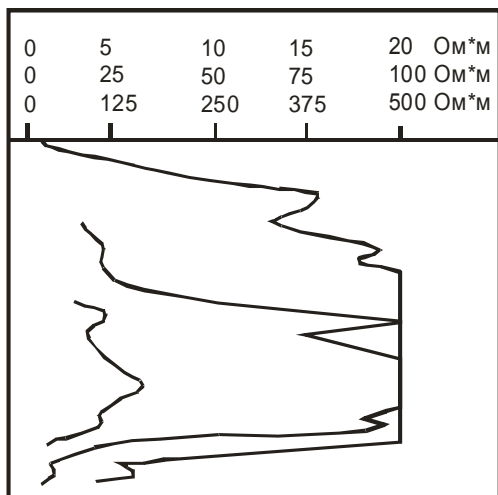
Суть метода КС заключается в том, чтобы зарегистрировать одну или несколько диаграмм ρ_k и, учитывая влияние скважины, вмещающих пород, зоны проникновения и т.д., определить истинное значение удельного электрического сопротивления пород ρ_n .

Результаты измерения КС пород изображаются в виде кривой изменения сопротивления пород вдоль ствола скважины.

Для сравнения между собой диаграмм КС, полученных в отдельных скважинах региона, разрезы скважин исследуются зондом одних и тех же размеров и типа, который называется **стандартным**. На практике в качестве стандартного зонда обычно применяют зонд средней длины, который позволяет получить наиболее оптимальные данные об изучаемом геологическом разрезе.

В районах, разрезы которых сложены преимущественно песчано-глинистыми отложениями, в качестве стандартного каротажа чаще всего используют **последовательный градиент-зонд**. Он позволяет наиболее уверенно разделить пласт на нефтегазоносную и водоносную части, если в нем присутствует подошвенная вода. В районах, разрезы которых представлены карбонатными высокоомными отложениями, в качестве стандартного зонда применяется **потенциал-зонд**.

Для районов Западной Сибири в качестве стандартных зондов применяют $A_2 M_{0,5} N$ и $N_{11} M_{0,5} A$.

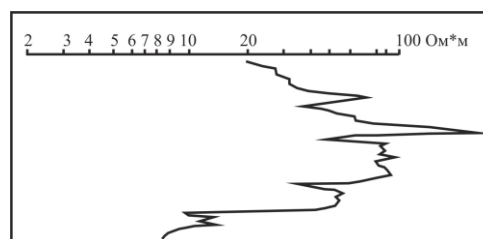


Разрезы скважин представлены чередованием пород низкого и высокого сопротивлений. Линейный масштаб записи кривых позволяет фиксировать пласты пород разного удельного сопротивления следующим образом (рис.10).

Рис. 10. Кривые кажущегося сопротивления против пластов высокого удельного сопротивления

Для детального расчленения разреза и более точного определения удельного сопротивления пластов в широком диапазоне используется логарифмический масштаб записи (рис. 11).

Рис. 11. Кривая кажущегося сопротивления против пластов разного удельного сопротивления



Метод обычных зондов КС – с при изучении геологических разрезов, заполненных электропроводящей промывочной жидкостью, на нефтяных, газовых, угольных и рудных месторождениях; при поисках

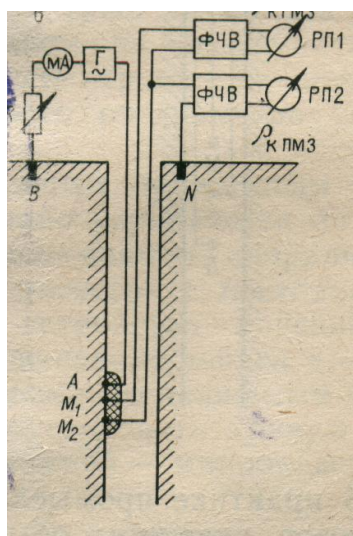
пресных и термальных вод, при решении инженерно-гидрогеологических задач.

Данные метода КС стандартного зонда совместно с кривой ПС представляют собой основу всех геологических построений, связанных с изучением глубинного строения территории, уточнения стратиграфических границ, построением различных геологических карт и т.д. По кривой КС стандартного зонда выделяют границы пластов, определяют их мощности и глубины залегания, выделяют коллекторы и оценивают характер их насыщения, выявляют пласты нефти, газа, угля, руд и других полезных ископаемых.

Метод микрозондирования

Метод микрозондирования (МЗ) заключается в детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза зондами малой длины – *микрозондами*.

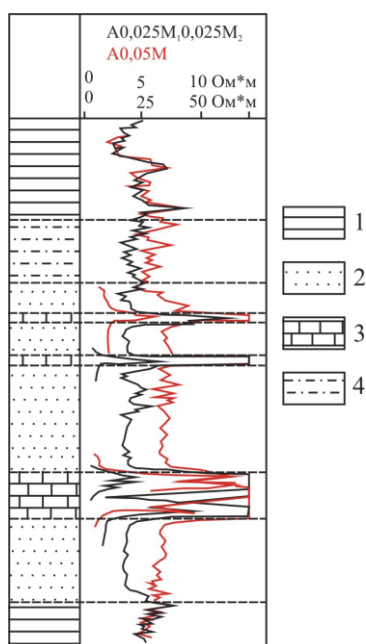
Кажущееся сопротивление измеряется одновременно двумя зондами: градиент-микрозондом $A_{0,025}M_{0,025}N$ и потенциал-микрозондом $A_{0,05}M$; (электродом N служит корпус прибора (рис. 12).



Микрозонд представляет собой изоляционную пластинку с трехточечными электродами, закрепленными на расстоянии 2,5 см друг от друга, которая прижимается к стенке скважины рессорной пружиной. Радиус исследования градиент-микрозонда составляет 3,75 см, а глубина исследования потенциал-микрозонда – 10—12 см.

Рис. 12. Принципиальная схема измерения кажущегося сопротивления пород микрозондированием (по Д.И. Дьяконову и др., 1984)

Суть метода МК заключается в том, что между электродами зонда и породой находится промежуточный слой – глинистая корка или промывочная жидкость. В связи с этим против проницаемого пласта, в который проникает фильтрат бурового раствора, а на стенке скважины образуется глинистая корка, на показания градиент-микрозонда оказывает влияние промывочная жидкость и глинистая корка, а на показания потенциал-микрозонда – промытая зона.



Сопротивление глинистой корки много меньше, чем сопротивление пресного раствора, поэтому наблюдается снижение $\rho_k^{MГ}$, по отношению к $\rho_k^{MП}$. В непроницаемых пластах показания обоих зондов совпадают.

Диаграммы МК используются для детального расчленения тонкослоистого разреза и для выделения проницаемых интервалов (рис. 13).

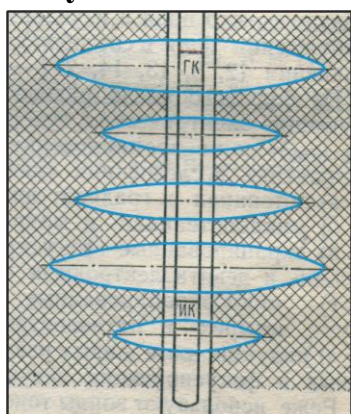
Рис. 13. Интерпретация диаграммы микрозондов:

- 1 – глина; 2 – песчаник;
- 3 - песчаник известковистый плотный;
- 4 - алевролит

Индукционный метод

Индукционный каротаж (ИК) является разновидностью электромагнитного каротажа. Он основан на применении электромагнитного поля, которое индуцирует (создает) вторичное электромагнитное поле в горных породах.

Различают низкочастотные (20–60 кГц) и высокочастотные (1–40 мГц) электромагнитные методы. Основное применение в практике нашел низкочастотный метод, известный под названием **индукционного**.



Индукционный зонд состоит из двух катушек – генераторной и измерительной (рис. 14). Генераторная катушка создает первичное электромагнитное поле, приводящее к возникновению в горных породах вихревых токов (токов Фуко).

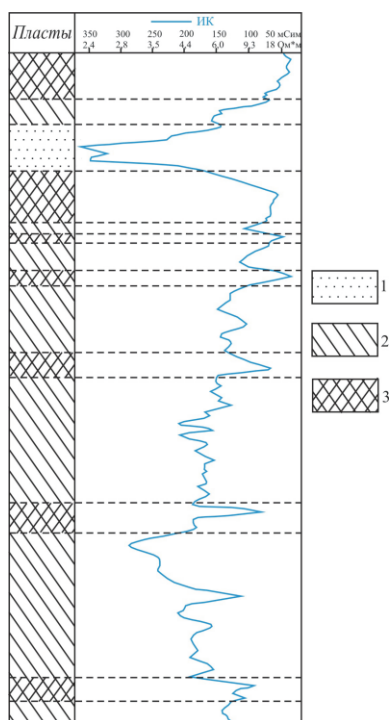
Рис. 14 Схема индукционного зонда (по В.Н. Дахнову, 1982)

Схематически картина выглядит так, будто пространство заполняется элементарными токовыми кольцами с центрами на оси скважины – вихревыми токами. Ток в каждом кольце прямо пропорционален электродвижущей силе E_1 , создаваемой первичным полем в области этого кольца и обратно пропорционален электрическому сопротивлению горных пород, составляющих кольцо.

Вихревые токи порождают электромагнитное поле, индуцирующее электродвижущую силу E_2 в приемной катушке. Зависимость E_2 от электропроводности пород приблизительно прямо пропорциональна.

Таким образом, сигнал, регистрируемый приемным устройством, отражает изменение удельной электропроводности пород по разрезу скважины. Единица удельной электропроводности – миллисименс на м – мСим/м – величина, обратная ом·метру (Ом·м). Зависимость между удельным электрическим сопротивлением породы ρ_n и удельной электропроводностью породы σ_n – обратно пропорциональная. В связи с этим при малых ρ_n (до 50 Ом·м) небольшому значению ρ_n соответствует большое изменение σ_n . Это означает, что в области малых сопротивлений (ρ_n) метод обладает большой чувствительностью.

Индукционный метод позволяет выделять тонкие прослои глини среди мощных пластов высокого сопротивления, водонепроницаемый контакт, породы с содержанием проводников, рудные прослои.



В связи с тем, что электромагнитные методы не требуют непосредственного контакта токоведущих элементов с исследуемой средой, их можно применять в скважинах, пробуренных с использованием не проводящих ток пресных промывочных жидкостей и жидкостей на нефтяной основе.

Регистрируемая в процессе измерений удельная проводимость отображается в виде диаграммы в линейном масштабе (рис. 15).

Рис. 15. Пример интерпретации кривой электропроводности

Электропроводность: 1 – высокая;
2 – средняя; 3 – низкая

1.4. Радиоактивные методы

Радиоактивные методы изучения разрезов скважины основаны на изучении ядерных свойств горных пород и использовании ядерных излучений.

1.4.1. Методы естественной гамма-активности горных пород

Естественная радиоактивность, т.е. самопроизвольный распад неустойчивых атомных ядер, спонтанно превращающихся в ядра других элементов, сопровождается испусканием α , β – частиц, γ – квантов и другими процессами.

Естественная радиоактивность горных пород обусловлена присутствием в них радиоактивных элементов – урана и продукта его распада радия, тория и радиоактивного изотопа калия.

Радиоактивность магматических пород возрастает от основных к кислым. Максимальной радиоактивностью среди магматических пород обладают граниты.

Радиоактивность осадочных пород определяется радиоактивностью породообразующих минералов [4,7]:

- 1) низкая – кварц, кальцит, доломит, сидерит, гипс, каменная соль;
- 2) средняя – лимонит, магнетит, сульфиды;
- 3) повышенная – глины, слюды, полевые шпаты, калийные соли;
- 4) высокая – циркон, ортит, монацит.

Таким образом, низкой радиоактивностью обладают кварцевые песчаники, известняки, доломиты, каменная соль, угли, гипсы; высокой радиоактивностью характеризуются глины, глинистые сланцы и битуминозные аргиллиты, калийные соли.

Полимиктовые песчаники даже при малой глинистости обладают повышенной радиоактивностью, поскольку у них значительная часть зерен представлена калийсодержащими минералами – полевыми шпатами, микроклинами, глауконитом. Радиоактивность песчаников и алевролитов возрастает с увеличением глинистости.

Естественная радиоактивность горных пород в скважине измеряется специальным измерительным прибором – радиометром. Скважинный радиометр перемещается по стволу скважины снизу вверх, регистрируя радиоактивность горных пород - интенсивность гамма – поля (I_γ). Цифровые значения гамма-активности (γ , мкр/час)

отображаются в линейном масштабе в виде диаграммы красного цвета (рис. 16).

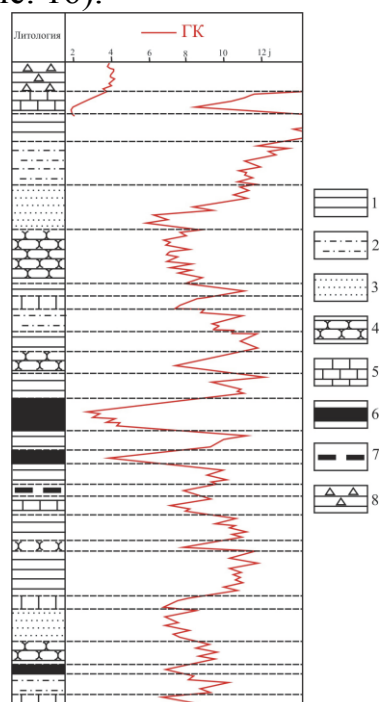


Рис. 16. Пример интерпретации кривой радиометрии в терригенных породах:

- 1 – глины; 2 – алевролиты;
- 3 – песчаники слабоглинистые;
- 4 – песчаники плотные;
- 5 – известковые породы;
- 6 – угли;
- 7 – углистые аргиллиты;
- 8 – битуминозные аргиллиты.

1.4.2. Нейтронные методы

Нейтронный каротаж основан на определении эффекта взаимодействия нейтронов с ядрами атомов горных пород. Изучение разреза нейтронными методами сводится к облучению горных пород быстрыми нейтронами и к регистрации гамма-излучения радиационного захвата нейтронов.

При нейтронном каротаже исследования ведутся с помощью скважинного прибора, содержащего источник нейтронов и детектор нейтронов или гамма-излучений. Нейтроны обладают высокой проникающей способностью, так как не имеют электрического заряда, не ионизируют среду и не теряют энергию при взаимодействии с электрическими зарядами электронов и ядер. Единственный фактор, влияющий на движение нейтронов – их столкновение с ядрами атомов, которое проявляется в виде рассеяния нейтронов и захвата их ядрами атомов. В результате рассеяния происходит уменьшение энергии нейтронов и изменение направления их движения.

Нейтронные методы базируются на изучении плотности (интенсивности) тепловых нейтронов и вторичного гамма-излучения. **Плотность тепловых нейтронов** ($I_{нт}$, имп/мин) обусловлена потерей первоначальной энергии, благодаря столкновению с ядрами легких

элементов, главным образом с ядрами водорода. В связи с этим, чем больше в среде водорода, тем ниже плотность нейтронов и ниже показания нейтронного каротажа.

Вторичное гамма-излучение (I_{γ} , имп/мин) обусловлено выделением энергии при радиационном захвате нейтронов ядрами других элементов. Наибольшая интенсивность гамма-излучения характерна для хлора, наименьшая – для водорода. Это различие в излучаемой энергии позволяет установить водонефтяной контакт по данным нейтронного каротажа: показания НГК против водоносной части пласта завышены, по сравнению с показаниями против нефтеносной его части.

Таким образом, интенсивность счета нейтронов в общем случае (I_n , имп/мин) определяется функцией распространения нейтронов тепловых энергий в изучаемой среде и средним числом гамма-квантов, испускаемых при захвате нейтронов в этой среде [5].

По нейтронным свойствам осадочные горные породы можно разделить на группы – большого и малого водородосодержания.

К первой группе относятся глины, характеризующиеся высокой влагоемкостью и содержащие значительное количество минералов с химически связанной водой (водные алюмосиликаты); угли, гипсы, содержащие химически связанную воду, а также некоторые очень пористые и проницаемые породы - коллекторы, насыщенные водой или нефтью. На диаграммах НГК эти породы отмечаются низкими показаниями радиационного гамма-излучения.

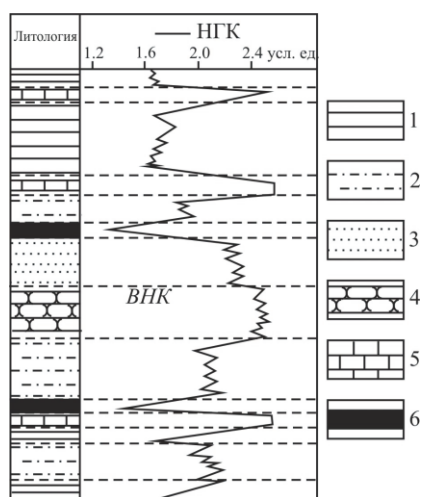


Рис. 17. Пример интерпретации кривой НГК:

- 1 – глина; 2 – алевролит;
- 3 – песчаник нефтеносный;
- 4 – песчаник водоносный;
- 5 – известняк; 6 - уголь

Во вторую группу пород входят малопористые разности - плотные известняки и доломиты, сцементированные песчаники и алевролиты, а также ангидриты и каменная соль. На диаграммах НГК эти породы выделяются высокими показателями.

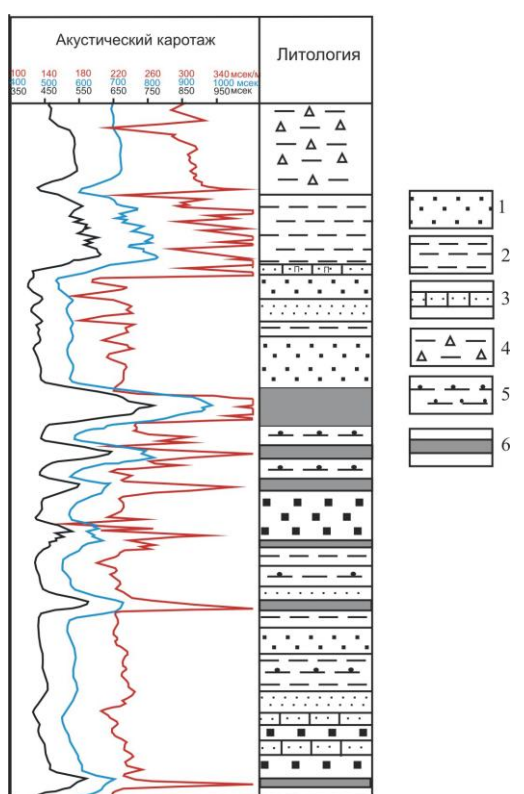
Против других осадочных пород (песков, песчаников, пористых карбонатов) показания НГК зависят от их глинистости и содержания в них водорода и хлора, т. е. насыщенности водой различной минерализации, нефтью или газом (рис. 17).

1.5. Акустический каротаж

Акустические методы исследования разрезов скважин основаны на определении упругих свойств горных пород по данным о распространении в них упругих волн.

В акустическом ультразвуковом методе исследуются скорость распространения и энергия упругих волн, возбуждаемых в скважине и породе. В основе метода лежит различие упругих свойств пород, слагающих разрезы скважин.

Стандартные исследования акустическим методом выполняют серийной аппаратурой СПАК в необсаженной скважине трехэлементным зондом (два излучателя и один приемник).



При акустических исследованиях горных пород измеряют кинематические и динамические характеристики упругих волн.

Кинематические характеристики определяют скорость распространения упругих волн в породах: время распространения упругих колебаний между приемником и ближним и дальним излучателем – T_1 и T_2 , измеряемое в мкс; интервальное время распространения упругой волны ΔT , измеряемое в мкс/м – акустический каротаж по скорости.

Рис. 18. Пример интерпретации кривой АК по скорости:

- 1 – песчаники пористые; 2 – глины; 3 – известняки;
- 4 - битуминозные аргиллиты; 5 – алевролиты; 6 – угли

Динамические характеристики связаны с поглощающими свойствами исследуемой среды: относительными амплитудами продольных и поперечных колебаний от ближнего и дальнего излучателей – A_1 и A_2 , измеряемым в мВ; коэффициентом поглощения

α для упругих волн, измеряемым в дБ/м – акустический каротаж по затуханию.

Упругие свойства горных пород, т.е. скорости распространения упругих волн в них обусловлены их минеральным составом, пористостью и формой пустотного пространства.

В терригенном разрезе максимальные значения ΔT и α соответствуют углям и глинам, минимальные – плотным песчаникам и алевролитам неколлекторам, промежуточные значения ΔT и α соответствуют песчаникам и алевролитам с различной пористостью и глинистостью (рис. 18).

В карбонатном разрезе величина ΔT отражает в основном пористость, отмечая минимальными показаниями плотные участки разреза, максимальными – межзерновые коллекторы. В трещинных зонах значения α существенно возрастают. Прослой мергелей отличаются повышением величин ΔT и α . Максимальные показания ΔT и α , как и в терригенном разрезе, соответствуют пластам глин [17].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие задачи решают по данным комплекса ГИС на стадии разведки нефтяных и газовых месторождений?
2. Какие задачи можно решить при помощи кавернометрии скважин?
3. Какие факторы определяют диффузионно-адсорбционную, окислительно-восстановительную и фильтрационную электрохимическую активность горных пород?
4. Какие параметры характеризуют присутствие в разрезе глинистых минералов, пористых песчаников и карбонатов?
5. В каких условиях и при изучении каких разрезов метод ПС наиболее эффективен?
6. Какая основная характеристика горных пород влияет на удельное электрическое сопротивление?
7. Как влияет температура на величину удельного электрического сопротивления горных пород?
8. Как влияет нефтегазонасыщенность на величину удельного сопротивления коллектора?
9. Что такое кажущееся сопротивление?
10. Для изучения каких разрезов скважин используются потенциал-зонды, а каких – градиент-зонды?
11. Что такое стандартный зонд?

12. В чём суть применения индукционных методов исследования скважин?
13. В каких единицах масштаба регистрируется диаграмма индукционного метода?
14. Какие задачи можно решать методами микрозондов?
15. Какова общая схема определения удельного сопротивления пород геофизическими методами?
16. На каких параметрах основана радиометрия скважин?
17. Почему глины имеют высокую радиоактивность?
18. Как изменяется радиоактивность в песчаниках в зависимости от их состава?
19. Какие значения радиоактивности имеют нефти и битумы?
20. Объясните сущность нейтронных методов каротажа.
21. Какова природа влияния водородосодержания на нейтронные свойства среды?
22. Какую роль играет хлоросодержание во взаимодействии нейтронов с этой средой?
23. Как отличаются показания НГК против нефте- и водонасыщенной частей пласта?
24. Какие свойства горных пород изучают акустическими методами?
25. Какие задачи решает акустический метод?

2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ПО ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

2.1. Седиментационная цикличность

Седиментационная цикличность определяется последовательностью смены обстановок осадконакопления, повторяющихся в тех или иных вариациях в ходе развития акватории или территории. В процессе седиментации накапливаются осадочные породы в виде геологических тел, имеющих определенную характеристику.

Элементарным продуктом седиментации является породный слой (пласт) – это преимущественно однородное трехмерное тело, ограниченное снизу и сверху субпараллельными плоскостями – границами, у которого два линейных размера по взаимно перпендикулярным направлениям больше третьего. Отличительными признаками слоя являются мощность (толщина) и протяженность.

Породные слои объединяются в определенные слоевые ассоциации [13]:

- литмит – сочетание слоев по любым свойствам и признакам;
- циклит – слоевая ассоциация, главным свойством которой является связь элементов во времени и пространстве – вещественное отражение седиментационного цикла как целостной во времени слоевой системы;
- номиналит – комплекс слоев, для которого связь во времени не является существенной (свиты, серии, формации).

В связи с тем, что седиментационный цикл является целостной динамической системой и характеризуется непрерывностью процесса во времени, в разрезе выделяются циклиты разного ранга.

2.1.1. Правила выделения циклитов

Основными принципами классификации циклитов является направленность и непрерывность изменения вещественного состава – от слоя к слою [13]. В терригенном разрезе к такому признаку можно отнести изменение гранулометрического состава (рис. 19).

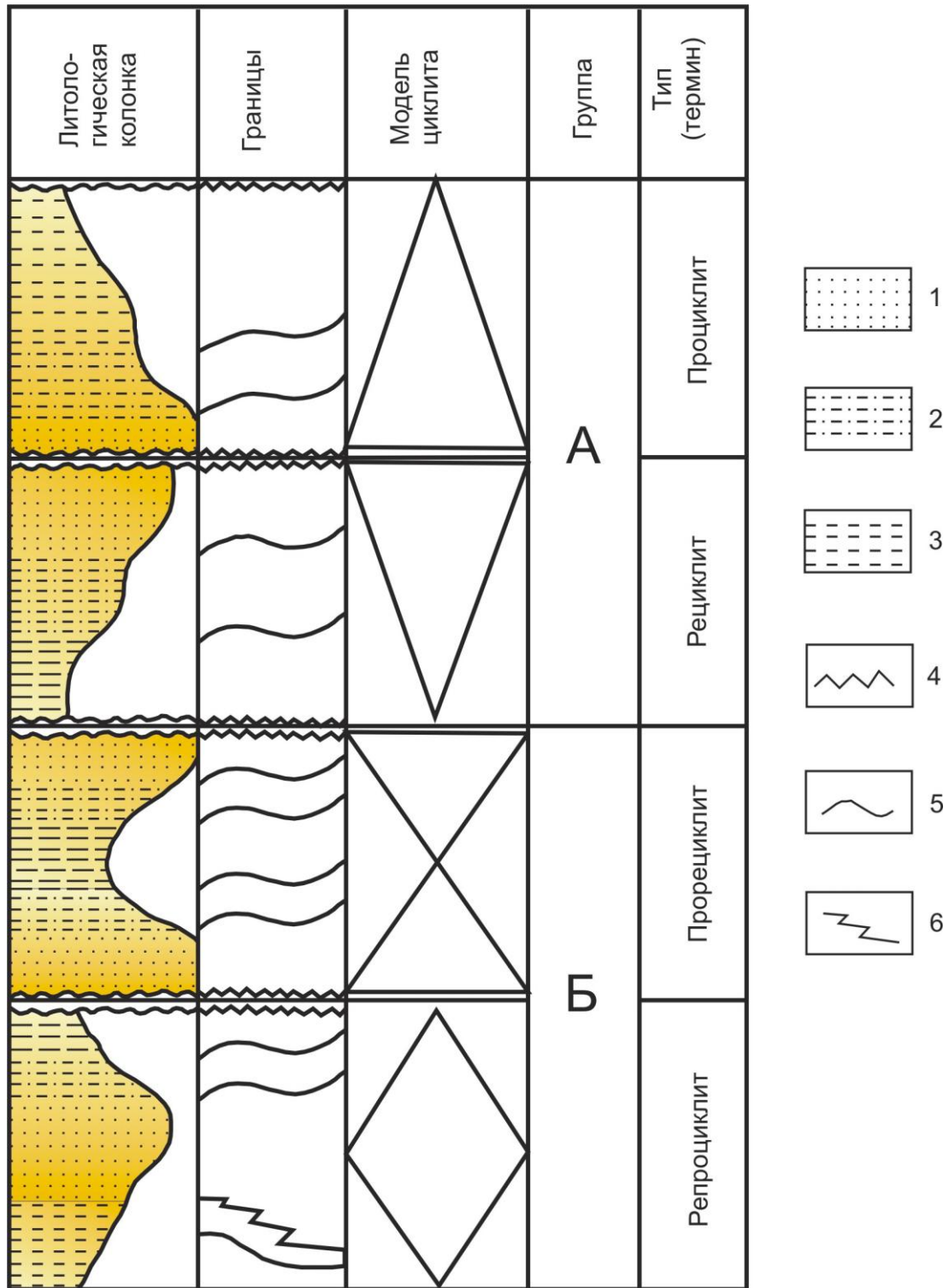


Рис. 19. Основные типы циклитов (по Ю.Н. Карогадину, 1980г.).

Породы: 1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – глины.

Границы: 4 – резкая, 5 – постепенная, 6 – постепенная через переслаивание

Циклиты разделяются на однонаправленные (А) и разнонаправленные (Б). В каждой из названных групп выделяется по два типа слоевых ассоциаций.

В группе А первый тип – циклиты только с "прямой" прогрессивной направленностью. В терригенных образованиях наблюдается уменьшение размеров зерен вверх по разрезу. Такие разрезы называются прогрессивными, или **проциклитами**. Они изображаются символом в виде треугольника с основанием и вершиной, обозначаемыми, соответственно, "грубый" и тонкозернистый слой.

Второй тип циклитов группы А характеризуется обратным направлением взятого признака, т.е. размеры зерен увеличиваются вверх по разрезу. Они называются регрессивными, или **рециклитами**. Их символ – перевернутый треугольник, т.е. расположенный вершиной вниз.

В группе Б также можно представить два основных типа композиции слоев. В первом из них в слоях нижней части наблюдается "прямая" прогрессивная направленность взятого признака от слоя к слою, а в верхней – "обратная", регрессивная. Нижние и верхние слои представлены более грубозернистыми породами, чем средние, внутренние; при этом границы между слоями остаются постепенными, нерезкими. Такие циклиты называются прогрессивно-регрессивными, или **прорециклитами**. Их символ – два треугольника, соединенных вершинами.

Второй тип группы Б представляет циклиты обратного строения, т.е. для нижних слоев характерно регрессивное сочетание, для верхних – прогрессивное с постепенной сменой направленности. Эти циклиты названы регрессивно-прогрессивными, или **репроциклитами**. Их символ – два треугольника, соединенных основанием.

На рис. 20 показаны примеры разных типов циклитов на комплексе реальных каротажных диаграмм юрского разреза по скважинам Нюрольского осадочного бассейна.

Таким образом, согласно предложенной Ю.Н. Карогодиным классификации, все многообразие породных слоев и их сочетаний сведено к четырем основным типам.

Ассоциации элементарных циклитов образуют следующие уровни породно-слоевых систем: локальные, зональные и региональные циклиты. Структурными признаками раздела между циклитами являются резкие границы, связанные с перерывами в осадконакоплении, размывами части ранее сформировавшихся отложений, структурными несогласиями. Поэтому в основании циклитов имеются базальные слои, представленные песчаниками, гравелитами, конгломератами.

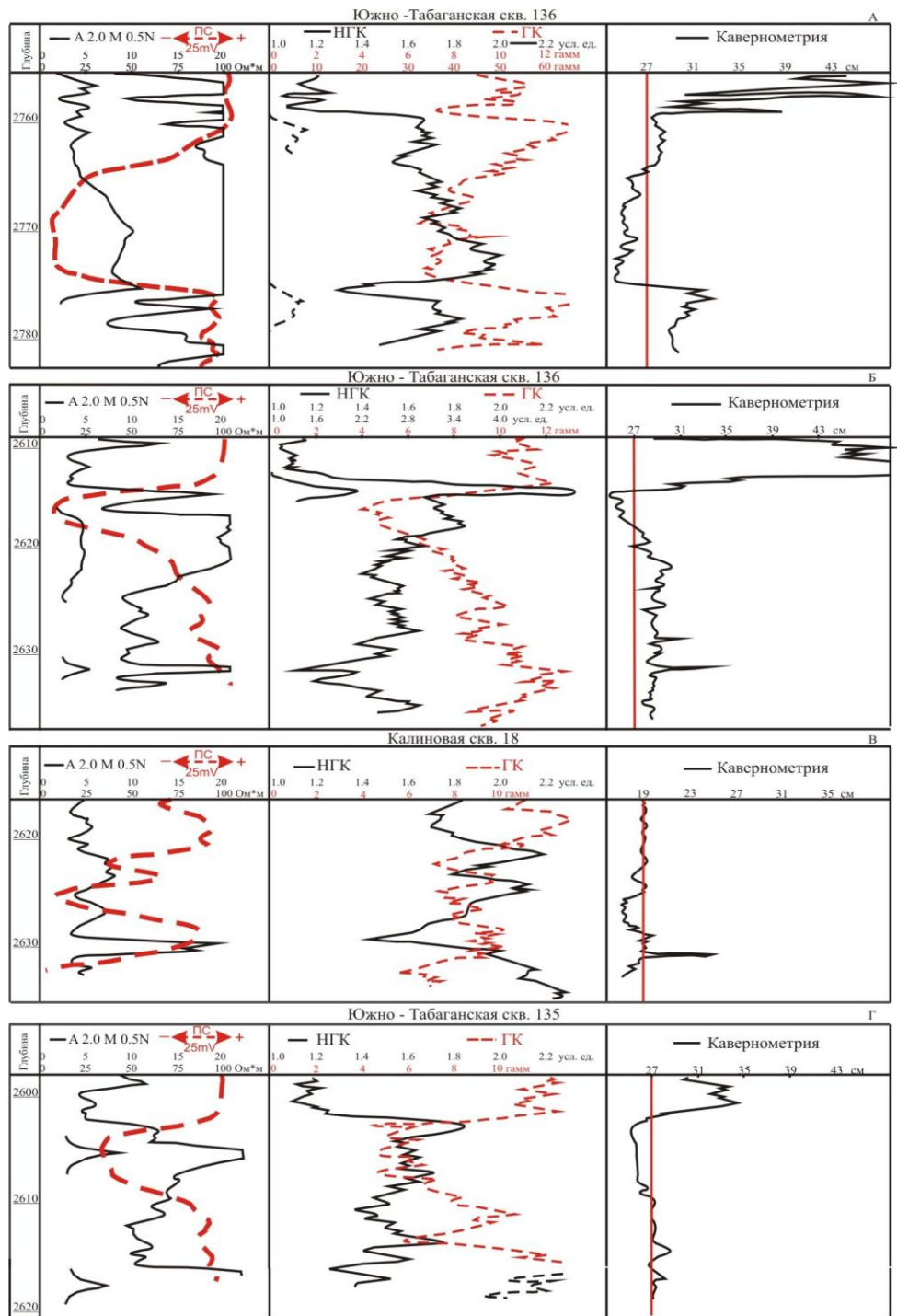


Рис. 20. Геофизическая характеристика основных типов циклитов юрских отложений Нюрльского осадочного бассейна:

- А – проциклит (аллювиальные отложения);
- Б – рециклит (регрессивный бар);
- В – прорециклит (прибрежно-морские отложения при трансгрессивно-регрессивном характере береговой линии);
- Г – репроциклит (прибрежно-морские отложения при регрессивно-трансгрессивном характере береговой линии)

2.1.2. Литологический ряд и его промыслово-геофизическая характеристика

Системно-литмологические исследования основываются на послойном описании разреза, поэтому при использовании ГИС за породный слой принимается тело с более и менее однородной промыслово-геофизической характеристикой. Выделение слоев различного литологического состава по ГИС базируется на выявлении связи физических свойств с их составом и отражением на различного рода каротажных диаграммах.

Литологический ряд – комплекс литологических слоев, закономерно следующих друг за другом в вертикальном разрезе скважины. Закономерная последовательность литологических слоев обусловлена законами осадочной дифференциации вещества, в частности, для терригенного разреза – законами гравитации и динамики среды.

В составе юрских и меловых образований Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции выделяется следующий литологический ряд пород и их основные разновидности:

- 1) гравелиты и галечники,
- 2) песчаники крупно и среднезернистые,
- 3) песчаники мелкозернистые глинистые,
- 4) песчаники известковистые,
- 5) алевролиты,
- 6) алевролиты глинистые,
- 7) тонкое чередование песчаников, алевролитов и глин,
- 8) глины и аргиллиты без примеси песчано-алевритового материала,
- 9) аргиллиты битуминозные,
- 10) аргиллиты углистые,
- 11) угли.

Для литологического расчленения, характеристики и корреляции мезозойского разреза Западной Сибири используется достаточно большой комплекс ГИС. Он включает:

- 1) стандартный каротаж (КС и ПС),
- 2) индукционный каротаж (ИК),
- 3) микрозондирование (МЗ),
- 4) гамма и нейтронный гамма-каротаж (ГК и НГК),
- 5) кавернометрию (КВ),
- 6) акустический каротаж (АК).

При изучении и анализе этих материалов используются детальные диаграммы масштаба 1:200.

Для большей части литологических разностей выработаны эталонные характеристики по названным видам каротажа, подтвержденные керном, как это показано в предыдущем разделе. Несколько затруднительно распознаются по каротажным диаграммам литологические типы пород, относящиеся к переходным разностям от одной породы к другой (например, алевролиты, глины песчанистые, углистые аргиллиты). Кроме того, наличие глинистых и глинисто-алевритовых галек в песчаниках (даже крупно- и среднезернистых) фиксируется на каротажных диаграммах как увеличение глинистой составляющей. Эти конгломератовидные породы (внутриформационные конгломерато-брекчии) указывают на размыв ранее сформировавшихся отложений. Они залегают либо в основании циклитов (рис. 21), либо характеризуют наложение друг на друга нескольких неполных последовательностей (рис. 22).

В прил. 1 приводится геофизическая характеристика пород терригенного разреза, составленная Ю.Н. Карогодиным и Е. А. Гайдебуровой [14], с дополнениями и уточнениями автора данного учебного пособия.

2.1.3. Характеристика границ между циклитами по промыслово-геофизическим данным

Постепенный переход породных слоев выражается различным образом. В ряде случаев в породе одного состава появляется примесь материала вышележащих пород, количество которого постепенно вверх по разрезу увеличивается, пока один породный слой полностью не сменится следующим. В этом случае постепенный характер границ между телами на каротажных диаграммах выражается в плавном отклонении той или иной кривой влево или вправо (в зависимости от характера направленности). В других случаях в подстилающей породе появляются линзочки или прослойки породы вышележащего слоя, количество и мощность которых постепенно увеличиваются, пока порода полностью не сменится. На каротажных диаграммах такое постепенное изменение литологического состава с частыми возвратами к прежней литологической разности выражается, во-первых, в мелкой "зазубренности" кривых ПС, КС, ГК, НГК и, во-вторых, в постепенном отклонении общей направленности изменения их значений.

Между слоями могут быть и резкие границы. Обычно они приурочены к породам, резко отличающимся по литологическому

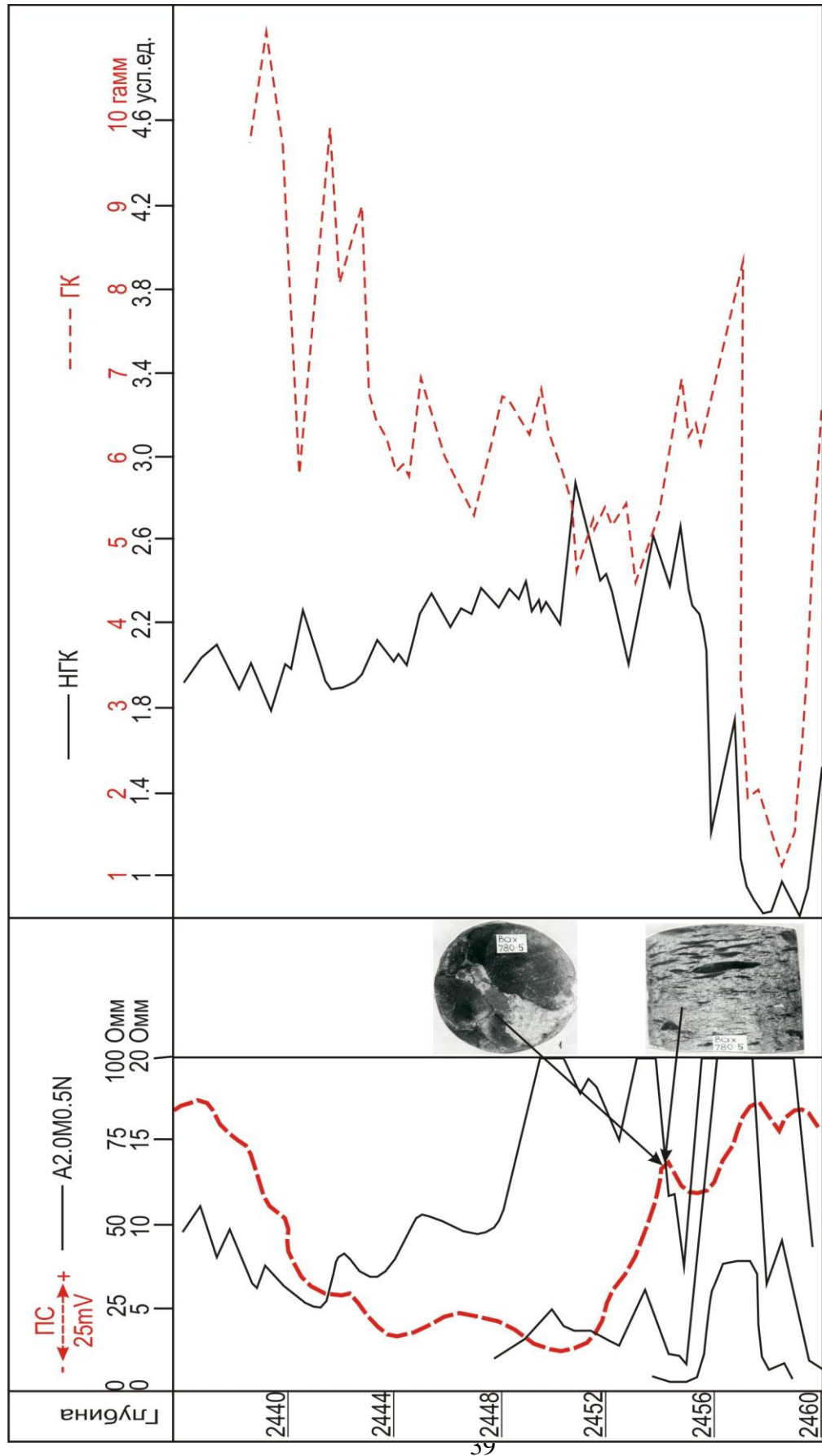


Рис. 21. Внутрiformационные конгломераты в основании регионального цикла Ю₃ (Вахская площадь, скв. 780)

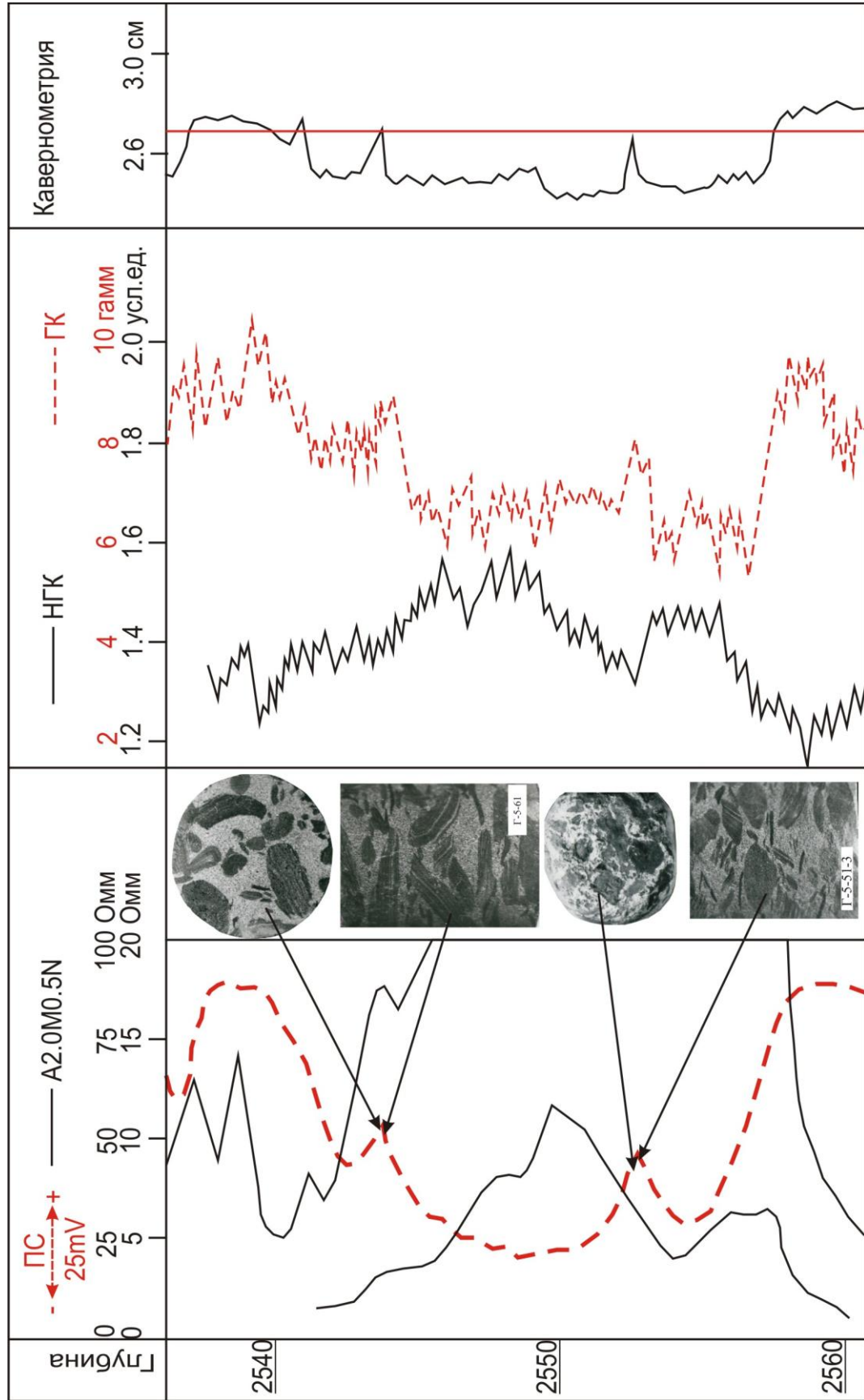


Рис. 22. Внутрiformационные конгломераты, характеризующие размыв и переротложение нижележащих пород в циклите Ю₁⁴ (Герасимовская площадь, скв. 5)

составу (песчаник – уголь, песчаник – глина). Резкость границ свидетельствует о выпадении в литологическом ряду нескольких породных разностей, которое, в свою очередь, обусловлено нарушением последовательности осадконакопления.

Таким образом, для двух типов границ выделяются следующие отличительные признаки:

а) постепенная граница – контактируют породы с близким литологическим составом и свойствами; проведение границ затруднено; сохраняется непрерывность литологического ряда (песчаник – алевролит – глина – уголь); мелкая зазубренность на каротажных кривых и постепенное их отклонение либо в ту, либо в другую сторону;

б) резкая граница – контактируют породы с резко различными свойствами и составом; в проведении границ затруднений нет; нарушается непрерывность литологического ряда (песчаник – уголь – песчаник); резкое отклонение кривых каротажных диаграмм по горизонтали.

Характер границ и переходов в керне и на комплексе каротажных диаграмм показан на рис. 23.

2.2. Изучение литологических комплексов осадочной толщи при сопоставлении разрезов скважин

2.2.1. Выбор геофизических реперов

Анализ выделенных циклитов позволяет определить особенности строения толщи и выявить опорные интервалы, которые могут быть использованы в процессе корреляции в качестве **маркирующих**. Такую роль при увязке разрезов играют выдержанные угольные пласты. Они имеют четкую геофизическую характеристику, занимают определенное положение в разрезе и поэтому служат наиболее надежными **реперами**. Значительная протяженность углей повышает надежность корреляции разрезов. Формирование углей происходило в эпохи максимального тектонического покоя, минимальной динамики водной среды, они приурочены к наиболее выровненным участкам рельефа. В связи с этим можно считать, что угольные пласты обладают признаками изохронности этих частей разреза, а это, в свою очередь, является определяющим фактором при корреляции континентальных толщ и их относительной стратификации.

Кроме углей, в качестве маркирующих реперов могут быть выделены и другие породы, которые занимают определенное положение

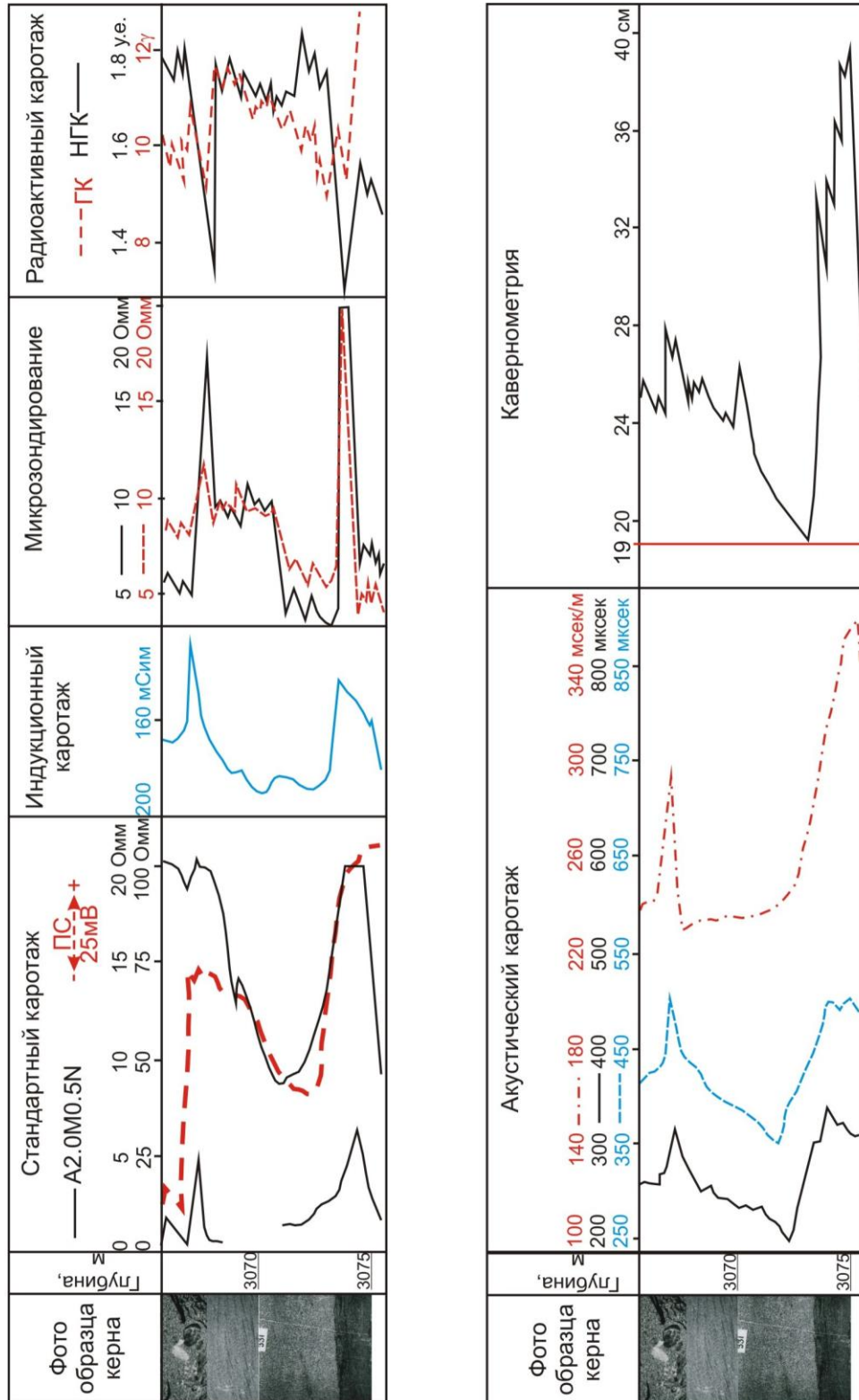


Рис. 23. Резкие границы и постепенный переход в литологическом ряду (снизу вверх):
 уголь - песчаник однородный - песчаник с углисто - глинистыми прослоями
 (Южно - Тамбаевская площадь, скв. 76)

в разрезах и обладают индивидуальной промыслово-геофизической характеристикой.

Так, к реперам первой категории юрского разреза в пределах юго-востока Западно-Сибирской плиты относятся [2]:

- глины тогурской свиты;
- глины нижневасюганской подсвиты;
- угольные пласты $У_{10}$ и $У_1$;
- аргиллиты баженовской свиты .

Эти маркирующие горизонты регионально выдержаны, имеют значительную мощность и хорошо выделяются по всем видам каротажа (рис. 24).

Во вторую группу реперов объединяются угольные пласты $У_8$, $У_6$ и $У_4$, которые, хорошо прослеживаясь на обширной территории, имеют относительно небольшую мощность.

К третьей группе реперов относятся угольные и глинистые пласты, которые прослеживаются только в пределах отдельных площадей.

Положение каждого из реперов определяет характер границы и контролируется общей цикличностью разреза, что позволяет последовательно – от скважины к скважине - проследить выделенные циклиты различного ранга. В пределах этих циклитов учитываются их литологические особенности, выделенные по керну и каротажу в процессе расчленения разреза.

Таким образом, использование основных изложенных методов системного анализа породно-слоевых ассоциаций дает возможность выполнять корреляцию осадочных толщ, прослеживая **не** отдельные пласты или их группы, а целостные во времени системы различного ранга, т.е. **геохронолиты**. Это особенно важно для фациально изменчивых по латерали континентальных отложений, когда на практике сопоставляются между собой песчаные пласты, образовавшиеся в разное время.

В целом, применение системного анализа при изучении полифациальных толщ позволяет более уверенно проводить сопоставление нефтегазоносных отложений, проследить их изменение в пространстве и времени.

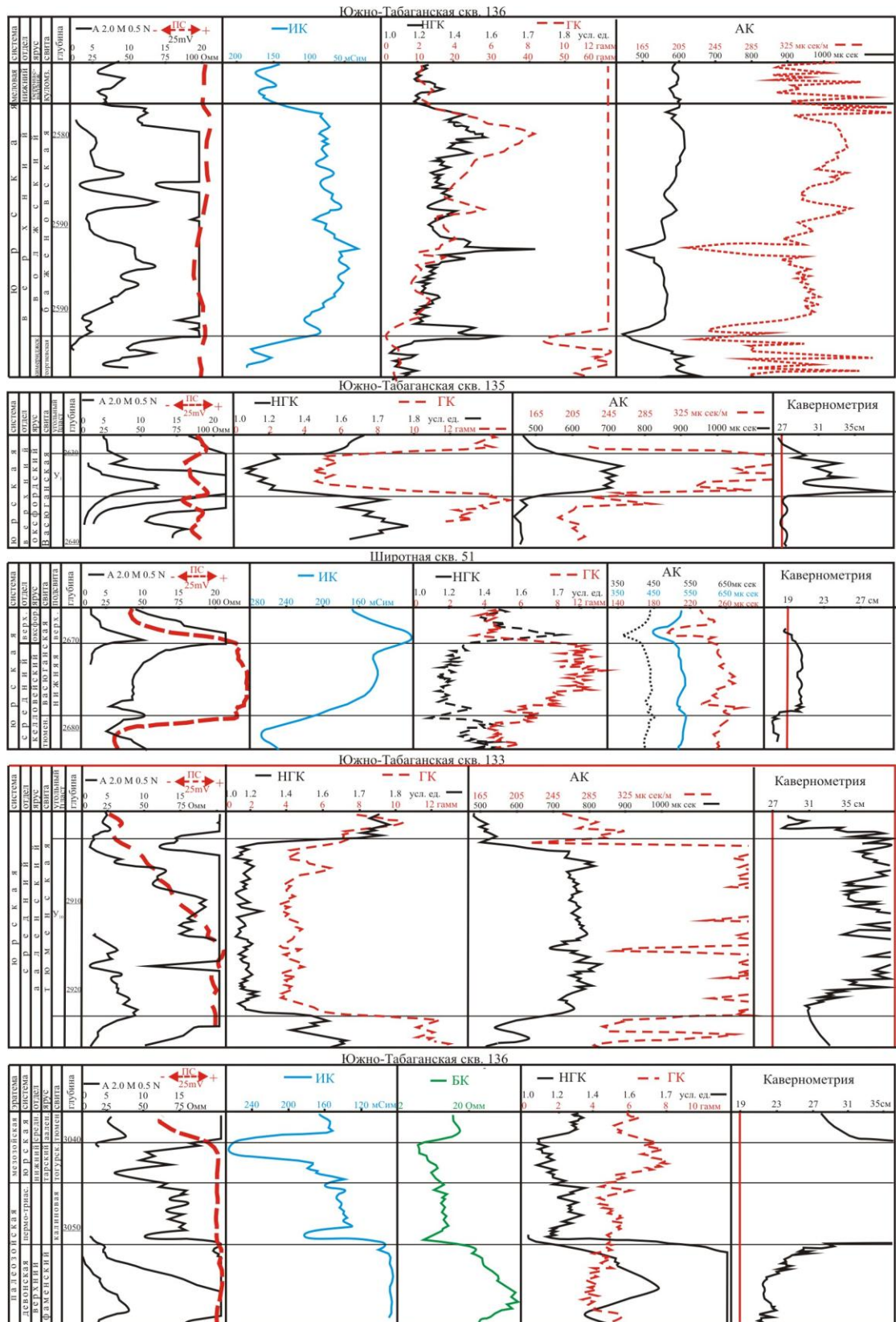


Рис. 24. Геофизическая характеристика реперов первой категории юрских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты

2.2.2. Расчленение разрезов скважин (на примере средневерхнеюрских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты)

Выделив по комплексу промыслово-геофизических исследований литологические разности в качестве породных слоев и определив характер границ между ними, исследуемая часть разреза разделяется на циклиты различного ранга. Полученные результаты увязываются с геологическими параметрами – аналитическими исследованиями керна в каждой скважине. По данным определения возраста устанавливаются стратиграфические подразделения, которые сопоставляются с выделенными ранее циклитами.

Примером расчленения осадочной толщи на хроностратиграфические интервалы на основании системного анализа слоевых ассоциаций с учетом биостратиграфического, петрографо-минералогического, геохимического и фациально-циклического методов могут служить средневерхнеюрские продуктивные отложения юго-востока Западно-Сибирской плиты [9]. В этой толще в качестве маркирующих горизонтов разного уровня выделяются сверху вниз: аргиллиты баженовской свиты, породы барабинской пачки, угольный пласт $У_1$, глины нижневасюганской подсвиты и угольный пласт $У_2$ (рис. 25, 26, 27, 28). Эти отложения имеют ярко выраженную промыслово-геофизическую характеристику и прослеживаются по всей территории.

Нефтегазоносность средневерхнеюрской продуктивной толщи связана с отложениями васюганской свиты, соответствующей региональному циклиту $Ю_1$, в составе которого выделяется зональные и локальные циклиты. Васюганская свита подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты.

Нижневасюганская подсвита, глинистая в большинстве районов, на поднятиях в нижней своей части опесчанивается. Эта часть разреза отнесена к песчаным пластам $Ю_1^6$ и $Ю_1^5$. Согласно правилам выделения циклитов, песчаные пласты $Ю_1^6$ с глинистым пропластком в кровле и $Ю_1^5$ с глинами собственно нижневасюганской подсвиты обособляются в локальные циклиты $Ю_1^6$ и $Ю_1^5$, которые в свою очередь объединяются в зональный циклит $Ю_{1н}$ (нижний), соответствующий первому трансгрессивному седиментационному циклу при формировании регионального циклита $Ю_1$.

В составе верхневасюганской подсвиты выделяются подугольная, межугольная и надугольная толщи [2]. Отложения, объединяемые в эти

толщи, формировались в течение определенного промежутка времени,

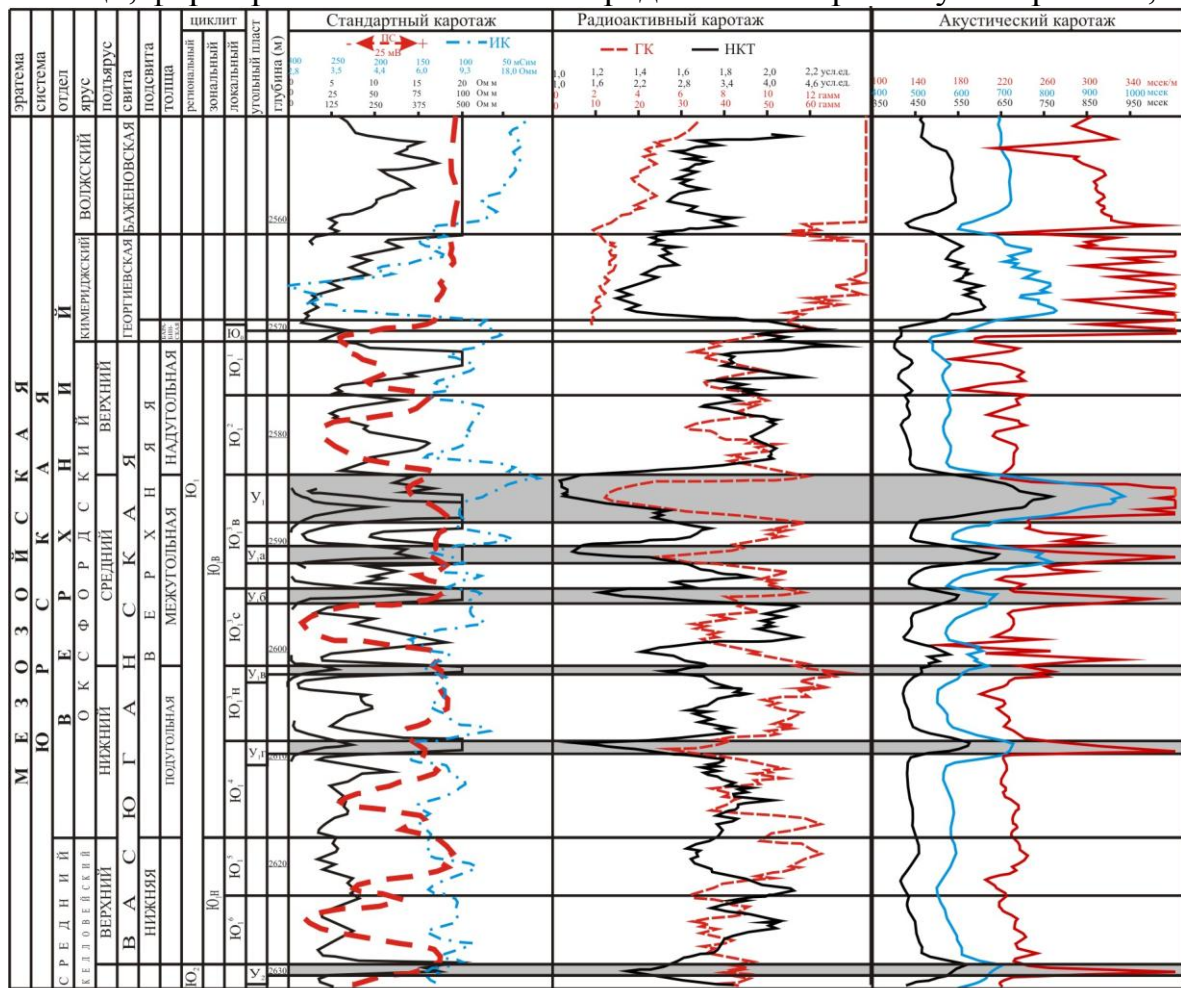


Рис. 25. Литолого-геофизический разрез средневерхнеюрских отложений Казанского нефтегазоносного района (по скважине 18 Калинового месторождения)

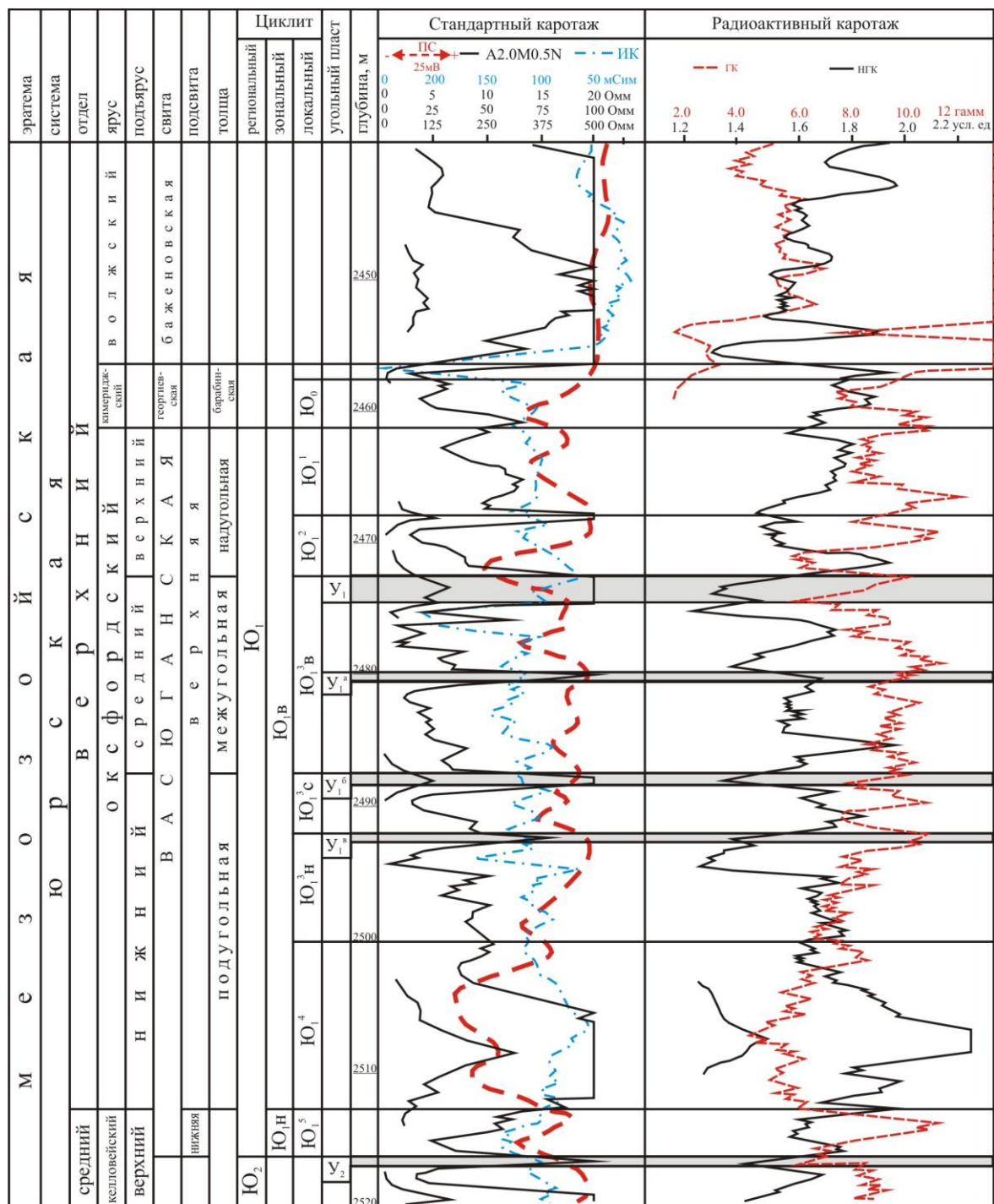


Рис. 26. Литолого-геофизический разрез средневерхнеюрских отложений Пудинского нефтегазоносного района (по скважине 10 Северо-Останинского месторождения)

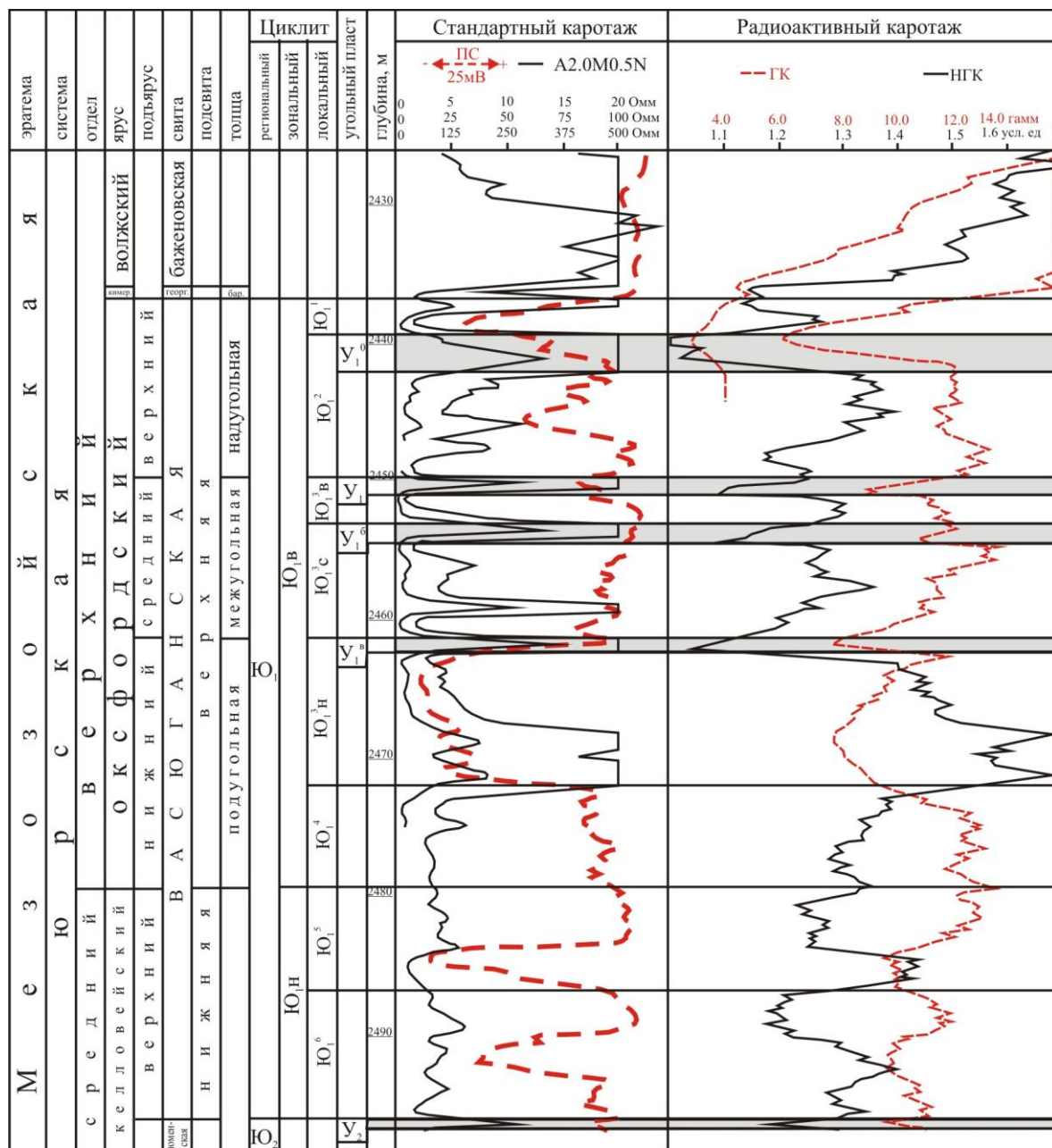


Рис. 27. Литолого-геофизический разрез средневерхнеюрских отложений Среднеvasyуганского нефтегазоносного района (по скважине 37Р Мыльджинского месторождения)

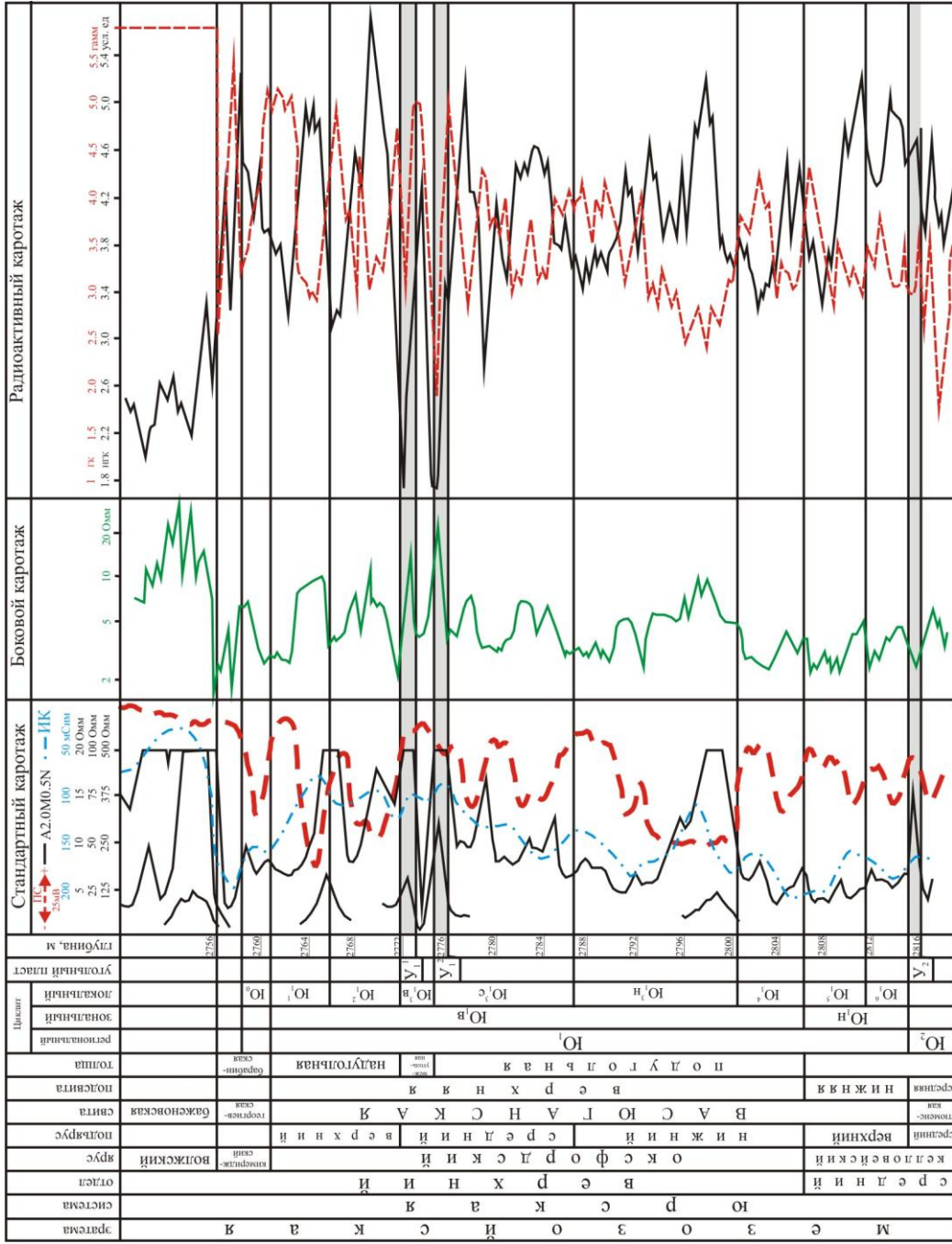


Рис. 28. Литолого-геофизический разрез средневерхнеюрских отложений Александровского нефтегазоносного района (по скважине 89Р Северо-Вахского месторождения)

характеризуется хроностратиграфическими границами, генетически взаимосвязаны и отражают цикличность седиментации. Объемы подугольной и межугольной толщ в разрезах Казанского, Пудинского, Среднеvasюганского и Александровского НГР несколько отличаются (рис. 25 и 26, 27 и 28, соответственно).

Нижняя часть подугольной толщи (циклит $Ю_1^4$) охватывает комплекс преимущественно песчаных пород, которые перекрываются глинистым пропластком (Александровский и Среднеvasюганский НГР) или угольным пластом $У_1^Г$ (Пудинский и Казанский НГР).

Циклит $Ю_1^{3н}$ (нижний), так же, как и нижележащий цикллит $Ю_1^4$, сложен преимущественно песчаниками, которые перекрываются угольным пластом $У_1^В$ или глинистым прослоем (Александровский НГР).

Циклиты $Ю_1^4$ и $Ю_1^{3н}$ на территории Пудинского, Казанского и большей части Среднеvasюганского НГР имеют хорошо выраженное регрессивное строение. Формирование этого комплекса пород происходило в условиях преобладающего наступления береговой линии в сторону моря при очень кратких трансгрессиях моря.

Циклит $Ю_1^{3с}$ (средний) представляет собой комплекс песчано-алевритовых пород, разделенных пропластками глин мощностью 1–2 м. В кровле залегает угольный пласт $У_1^6$ (в разрезах Нюрольского осадочного бассейна) или $У_1^2$ (Александровский НГР). На территории последнего цикллит $Ю_1^{3с}$ является верхней частью подугольной толщи.

Циклит $Ю_1^{3в}$ (верхний) представлен чередованием песчано-алевритовых, глинистых и углисто-глинистых пород. В кровле этой толщи выделяется угольный пласт $У_1$ ($У_1^1$ в разрезах Александровского НГР). Он имеет хорошо выраженную геофизическую характеристику (ρ от 20 до 375 Ом·м, минимальные значения НГК и ГК, максимальные – на кривых АК, увеличение диаметра скважины до 32 см на каверномере).

Циклиты $Ю_1^{3с}$ и $Ю_1^{3в}$ соответствуют периоду накопления осадков в условиях преимущественно континентального режима, и соответствуют межугольной толще. Объем последней в Александровском НГР соответствует локальному цикллиту $Ю_1^{3в}$.

Локальные цикллиты $Ю_1^4$, $Ю_1^{3н}$, $Ю_1^{3с}$ и $Ю_1^{3в}$ объединяются в зональный цикллит $Ю_1^в$ (верхний). По фациальному признаку локальные цикллиты $Ю_1^6$ и $Ю_1^5$, характеризующие трансгрессивный, $Ю_1^4$ и $Ю_1^{3н}$ – регрессивный, $Ю_1^{3с}$ и $Ю_1^{3в}$ – континентальный этапы осадконакопления, образуют породные ассоциации (комплексы), индексированные как $Ю_1Т_1$, $Ю_1Р$, $Ю_1К$, соответственно [9].

Циклит Ю₁² представлен преимущественно песчаной толщей и отделяется от вышележащих отложений глинистым пропластком.

Циклит Ю₁¹ имеет очень изменчивый состав и резкие колебания толщины. Такое изменение мощности отложений объясняется не только обстановкой осадконакопления, но и размывом кровли циклита в начале кимериджского века.

Комплекс пород, выделенных как циклиты Ю₁² и Ю₁¹, имеет морской генезис, соответствует надугольной толще.

На размыв и переотложение верхней части циклита Ю₁¹ указывает наличие конгломератовидных пород своеобразной барабинской пачки, распространенной в объеме георгиевской свиты в разрезах большинства скважин изучаемого региона. В основании барабинской пачки в некоторых разрезах скважин Александровского и Пудинского НГР выделяется песчаный пласт Ю₀ (рис. 26 и 27), а над ним залегает толща преимущественно алевроито-глинистых пород, мощность которых резко меняется в пределах отдельных площадей.

Барабинская пачка уверенно выделяется на диаграммах ИК пиками повышенной электропроводности до 350 мСим, низкими значениями удельного электрического сопротивления, не превышающими 5 Ом·м на кривых КС и повышенными значениями до 3,0–3,6 имп/мин на кривых НГК.

Для пород в целом характерно наличие карбонатного материала в виде цемента и фаунистических остатков, обилие пирита и глауконита. Последний придает породам зеленый цвет. Присутствие карбонатного материала отражается высокими значениями на кривых НГК и, как известно [5, 11, 17, 18], должно сопровождаться высокими сопротивлениями на кривых электрокаротажа. Наблюдаемая обратная картина на диаграммах КС и ИК обусловлена присутствием в породах значительного количества электропроводящих минералов – глауконита и, особенно, пирита.

Глинистая часть георгиевской свиты, представленная темно-серыми тонкодисперсными глинами, отмечается только в разрезах Казанского НГР.

Баженовская свита, представленная битуминозными аргиллитами, имеет хорошо выраженную геофизическую характеристику: очень высокие значения электрического сопротивления (до 380 Ом·м) и высокие значения естественной радиоактивности (до 60 γ). Подошва баженовской свиты является реперной поверхностью на юго-востоке Западно-Сибирской плиты.

2.2.3. Составление корреляционных схем и геолого-геофизических профилей

После выделения реперов и предварительного расчленения разрезов скважин строятся корреляционные схемы. Целью составления корреляционных схем является выяснение характера изменения мощности и литологии отложений, слагающих изучаемую толщу. Для этого диаграммы соседних скважин располагаются таким образом, чтобы глубина кровли или подошвы наиболее выдержанного репера была на одной линии. В пределах изучаемого региона, как сказано выше, таким репером является подошва баженовской свиты.

На корреляционной схеме линиями соединяют границы выделенных циклитов, а затем анализируют изменение литологии и мощности отложений в заданном направлении. Пример корреляционной схемы средневерхнеюрских отложений показан на рис. 29.

По корреляционной схеме строится профильный геолого-геофизический разрез. Для получения истинных глубин залегания выделенных циклитов вносится поправка за высоту устья скважины – альтитуду. Альтитуда берется со знаком плюс, если устье находится выше уровня моря, и со знаком минус (–), если устье лежит ниже уровня. Эта поправка вносится в глубину залегания кровли и подошвы всех выделенных породно-слоевых ассоциаций. В зависимости от геологической задачи профильный разрез дополняется данными по определению возраста пород, значениями емкостно-фильтрационных свойств, результатами испытания пластов и другими геологическими параметрами (рис. 30).

В отличие от корреляционных схем с равными промежутками между каротажными диаграммами, на профильных разрезах расстояние между скважинами соответствуют масштабу карты расположения скважин. Если некоторые из скважин не попадают точно на линию профиля, их смещают на эту линию по простиранию пород. Обязательным условием такого смещения является отсутствие дизъюнктивных нарушений между переносимой скважиной и разрезом [5].

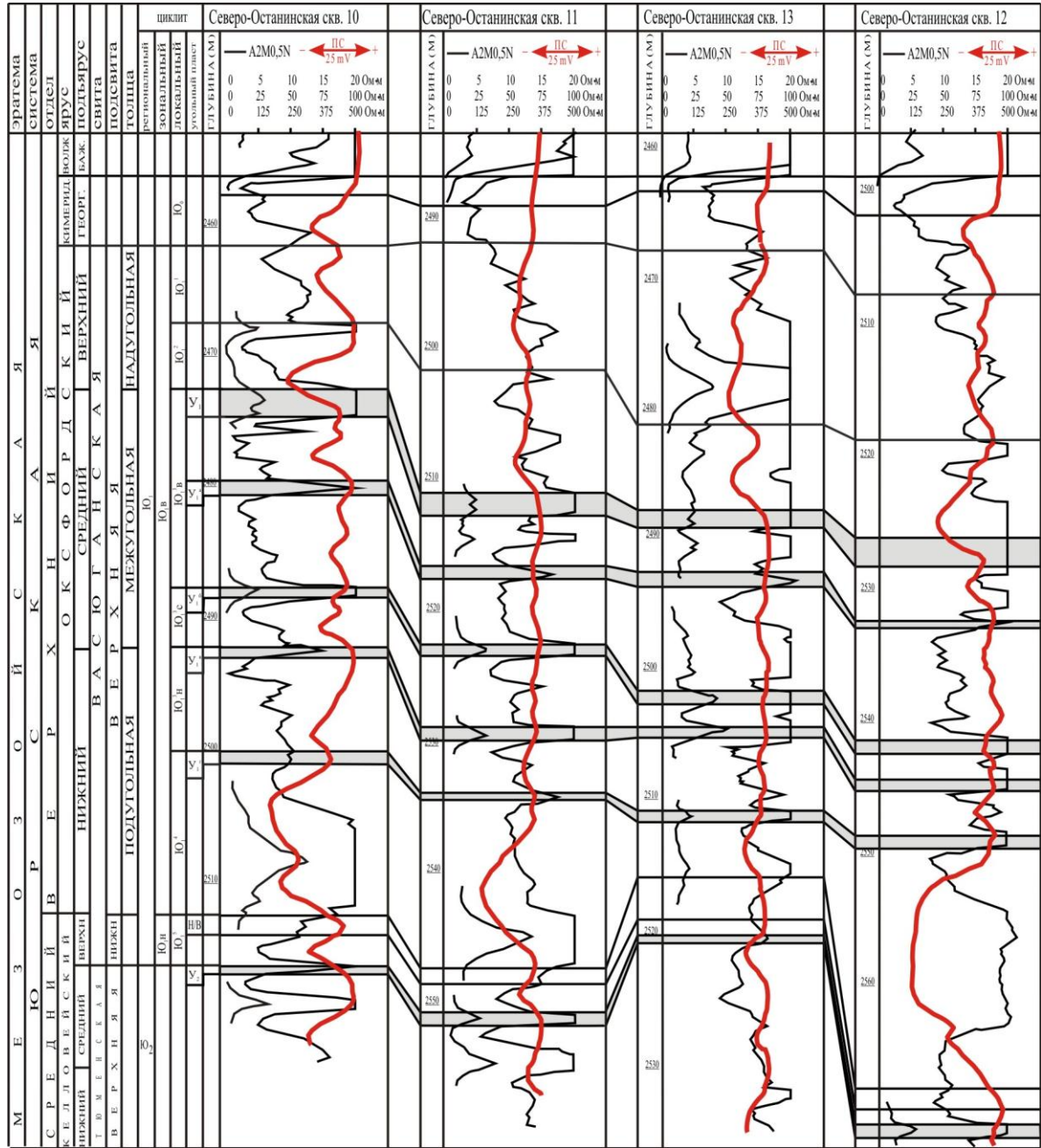


Рис. 29. Схема корреляции средневерхнеюрских отложений Северо-Останинского месторождения

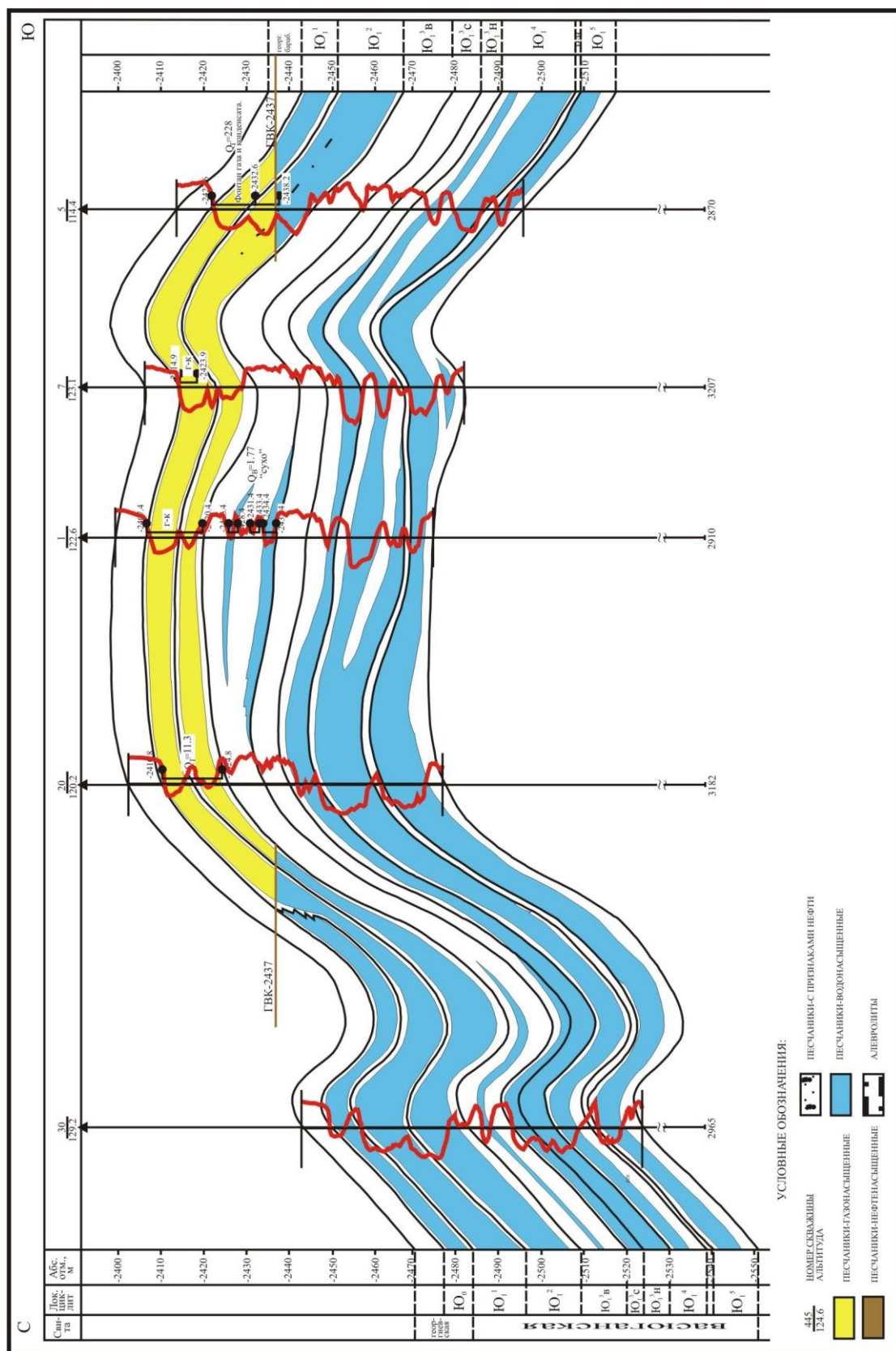


Рис. 30. Геолого-геофизический разрез средневерхнеюрских отложений Калиновского месторождения по линии скважин 30-20-1-7-5

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое породный слой (пласт)?
2. Что такое циклит?
3. Чем отличается пласт от циклита?
4. Какой основной признак положен в основу классификации циклитов?
5. По какому признаку отличаются прогрессивные и регрессивные циклиты?
6. Что такое геофизический репер?
7. Какую характеристику на комплексе каротажных диаграмм имеют горные породы: глины, угли, карбонаты, высокопористые песчаники?
8. В чем сходство и отличие геофизических характеристик углей и карбонатов?
9. В чем сходство и отличие геофизических характеристик углей и углистых аргиллитов?
10. Чем отличаются по геофизическим характеристикам глины и битуминозные аргиллиты?
11. Какие геофизические характеристики имеют песчаники с карбонатным цементом и включениями пирита?
12. В чем разница по геофизическим данным постепенных и резких границ между слоями?
13. По каким принципам осуществляется корреляция разрезов скважин?
14. Что такое геохронолиты?
15. Чем отличаются схема корреляции от профильного геологического разреза?

3. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

3.1. Структурные карты

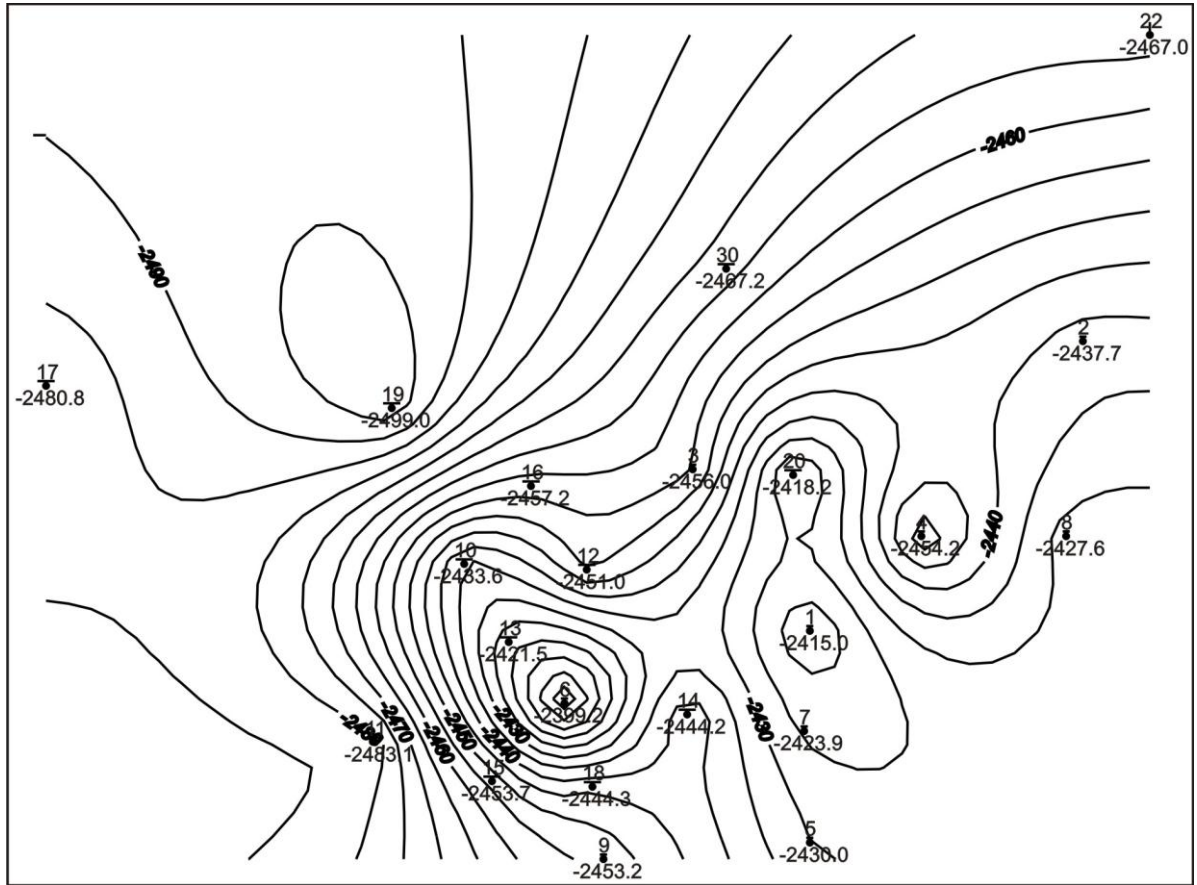
Построение структурных карт по данным сейсмических методов основано на разделении геологического разреза на отдельные слои, отличающиеся характером и скоростью распространения в них упругих (сейсмических) волн. К этим методам относятся: метод отраженных волн (МОВ), корреляционный метод преломления волн (КМПВ) и другие. В настоящее время основным методом сейсморазведки является сейсмопрофилирование – метод общей глубинной точки (МОГТ). В МОГТ применяют системы наблюдений с многократным (до 20 раз) прослеживанием отраженных волн по одним и тем же профилям с помощью цифровых сейсмостанций. Полученные тем или иным способом данные используются для составления структурных карт по одному из опорных сейсмических горизонтов.

Для построения структурных карт по данным промысловой геофизики предварительно выбирают поверхность (репер), по которой целесообразно составление карты, определяют в плане местности точки пересечения этой поверхности скважинами и вычисляют абсолютные высоты (отметки) точек пересечения. Для получения этих данных учитываются поправка глубины изучаемой поверхности при искривлении скважины (по данным инклинометрии) и положение устья скважины над уровнем моря.

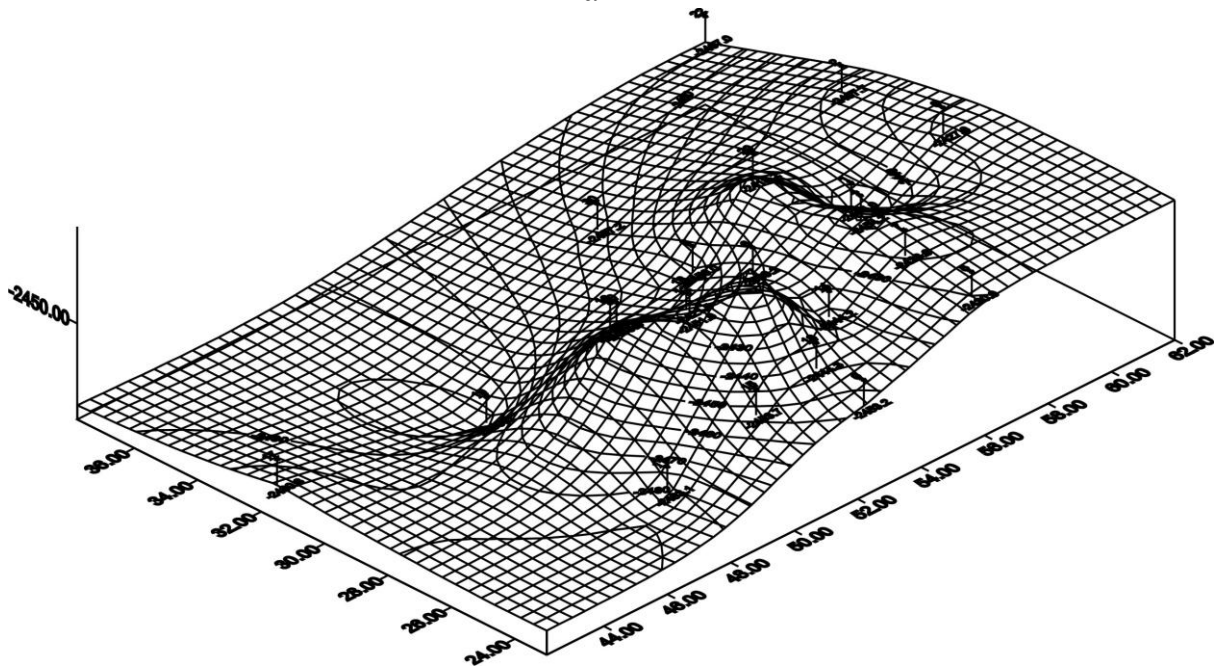
Построение структурных карт сводится к проведению горизонталей поверхности, по которой строится карта. Положение точек, через которые проходят горизонталы, определяют путем пропорционального деления отрезков между скважинами. Эти горизонталы указывают на глубину залегания поверхности, называются изогипсами, записываются со знаком минус. Такие карты дают характеристику рельефа поверхности слоя на современном этапе развития земной коры (рис. 31).

3.2. Карты палеорельефа

При изучении условий формирования залежей углеводородов огромное значение имеет восстановление рельефа поверхности, на которой происходило накопление осадков. Изучению погребенного рельефа посвящена наука палеогеоморфология. Эта наука изучает



а



б

Рис. 31. Структурная карта по подошве пласта Ю₁²
Калинового месторождения:

а – двухмерная модель; б – трехмерная модель

рельеф земной поверхности минувших геологических эпох, его морфологию, генезис, закономерности развития.

Изучение развития погребенного рельефа проводится с помощью многих геологических и геофизических методов. Наиболее детально методика палеогеоморфологического анализа изложена в монографии Ю.Ф. Чемякова и В.И. Галицкого [25]. В настоящем учебном пособии приводится один из методов восстановления палеорельефа по данным промысловой геофизики – метод реперных поверхностей.

Основное назначение метода - восстановление первичного облика погребенного рельефа, измененного после захоронения. Рельеф изображается горизонталями по дискретному набору точек наблюдений.

Гипсометрическая карта строится по данным разрезов буровых скважин или их каротажных диаграмм. С этой целью в разрезах или каротажных диаграммах скважин выше восстанавливаемой поверхности выбирается стратиграфический горизонт, кровля или подошва которого принимается за опорную (реперную) поверхность. К нему предъявляются следующие требования:

- 1) широкое площадное распространение;
- 2) однородность литологического состава и органических остатков, указывающая на идентичность батиметрических условий седиментации на всей площади;
- 3) расположение опорного горизонта как можно ближе к реконструируемой поверхности;
- 4) небольшой интервал времени между образованием реконструируемой поверхности и опорного горизонта.

Кровля (или подошва) опорного горизонта принимается за горизонтальную нулевую поверхность. От нее вниз по вертикали определяются расстояния до восстанавливаемой поверхности в метрах, которые и являются ее гипсометрическими отметками. Вычисленные расстояния берутся со знаком минус, а в тех местах, где опорный горизонт выклинивается на повышениях палеорельефа, – со знаком плюс. Таким образом получают характеристики гипсометрических особенностей погребенного рельефа.

Расстояния, вычисленные от опорного горизонта до изучаемой поверхности, для которой составляется палеогеоморфологическая карта, одновременно являются величинами мощностей отложений, залегающих между ними. Следовательно, фактически составляется карта изопахит, но она получает палеогеоморфологическое истолкование.

Основное требование метода – принятие опорного горизонта за горизонтальную плоскость – может быть источником ошибок в тех случаях, когда кровля (или подошва) опорного горизонта располагалась с наклоном в какую – либо сторону во время ее формирования. Установив (разными методами), что реперная поверхность формировалась с наклоном, необходимо определить его (по современным аналогам) в количественном выражении. Затем в гипсометрию реконструируемой погребенной поверхности вносится поправка за региональный наклон.

В качестве опорного горизонта наиболее предпочтительным является поверхность дна морского бассейна. Как известно, в морских бассейнах различают шельф (ундаформа), аккумулятивный подводный склон (клиноформа) и дно (фондоформа). В качестве реперной поверхности лучше всего выбирать фондоформу, так как она в большей степени, чем другие элементы, удовлетворяет требованиям горизонтальности. В погребенном состоянии фондоформа представлена донными аккумулятивными морскими равнинами с однотипными литолого-фациальной и палеонтологической характеристиками. Клиноформы имеют заметный уклон и не пригодны в качестве опорных поверхностей. Шельфы могут использоваться как реперные поверхности с условием внесения поправки за региональный наклон.

Всем этим условиям отвечает поверхность подошвы баженовской свиты.

В качестве реперных поверхностей могут быть взяты погребенные субэральные аккумулятивные равнины и поверхности выравнивания. Но это не лучший вариант, так как их рельеф менее выровнен, чем рельеф донных равнин морской аккумуляции.

Примеры карт палеорельефа показаны на рис. 32.

3.3. Анализ мощностей осадочных слоев

Наглядное представление о распределении мощностей дают карты изопахит. Они показывают площадное распределение мощностей, которое нередко закономерно или локально возрастают или уменьшаются, а также размещение геологического тела в пространстве в трех измерениях (рис. 33).

Анализ карт мощностей осадков позволяет восстановить рельеф, существовавший до начала седиментации, получить его морфографическую характеристику, выделить отдельные формы, установить закономерности их распространения и развития на протяжении определенного этапа.

Главным фактором формирования мощностей осадочных толщ являются тектонические движения, которые проявляются через рельеф.

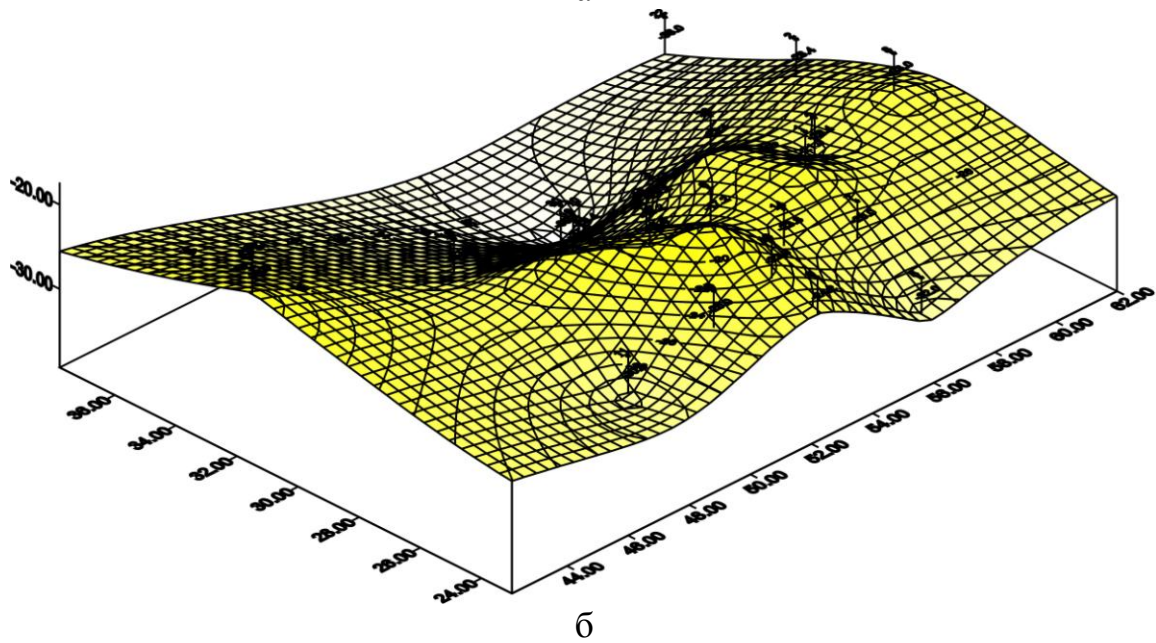
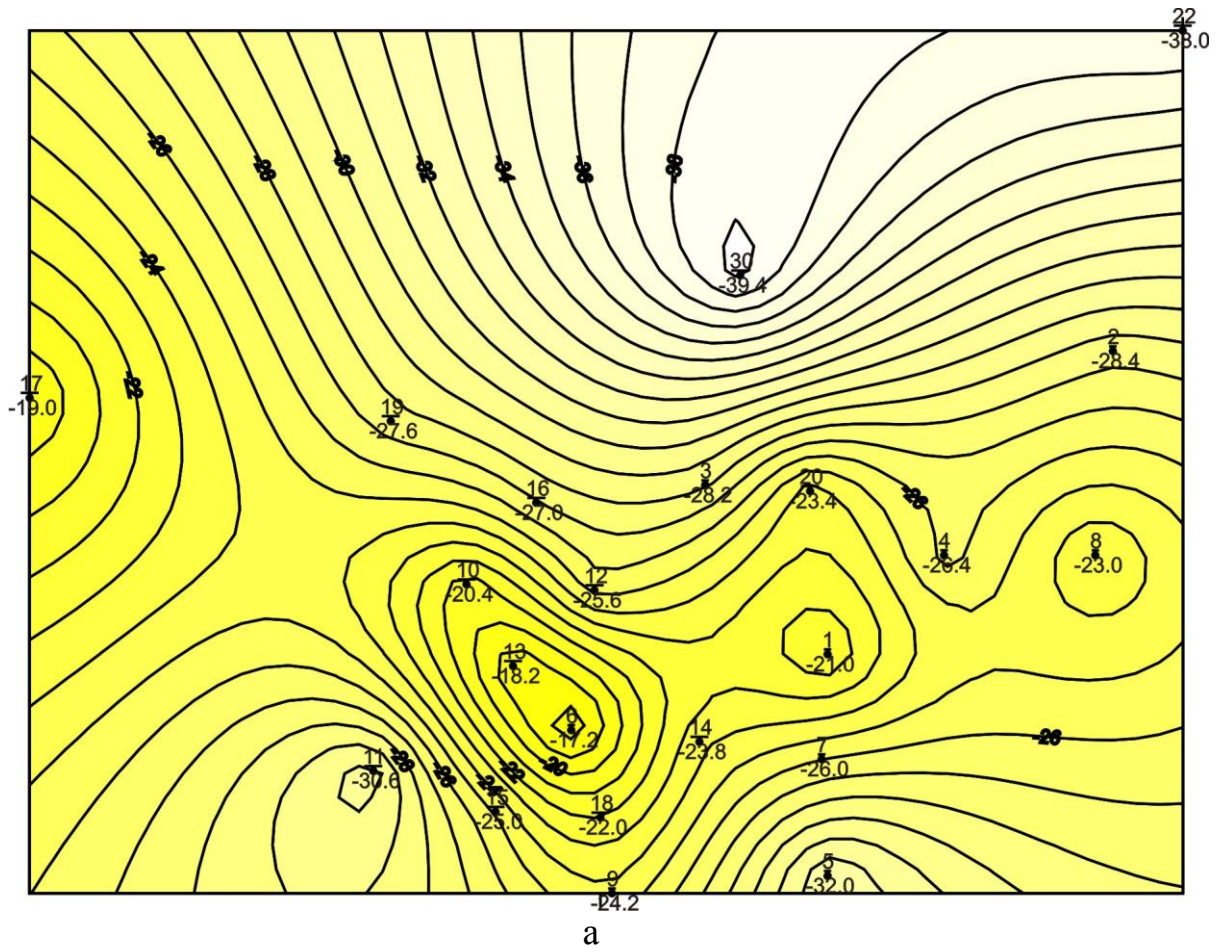


Рис. 32. Карта палеорельефа подошвы циклита Ю₁² Калинового месторождения:
а – двухмерная модель; б – трехмерная модель

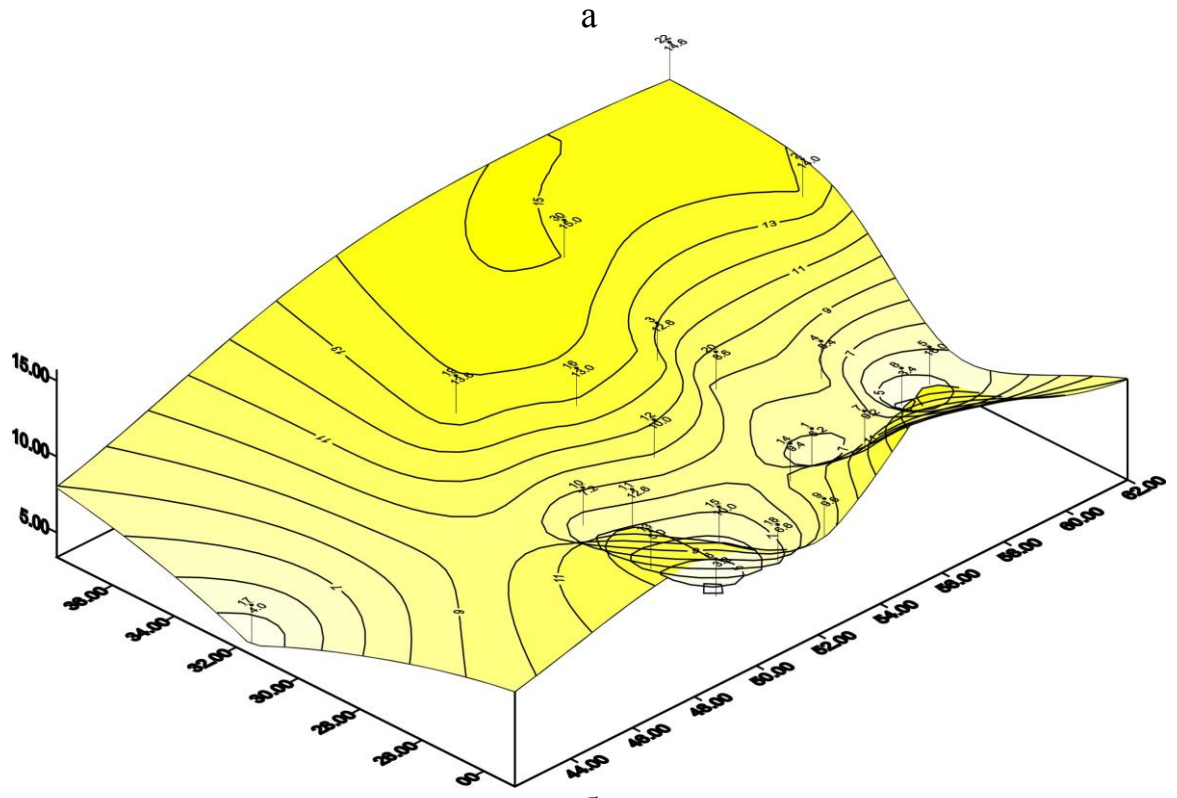
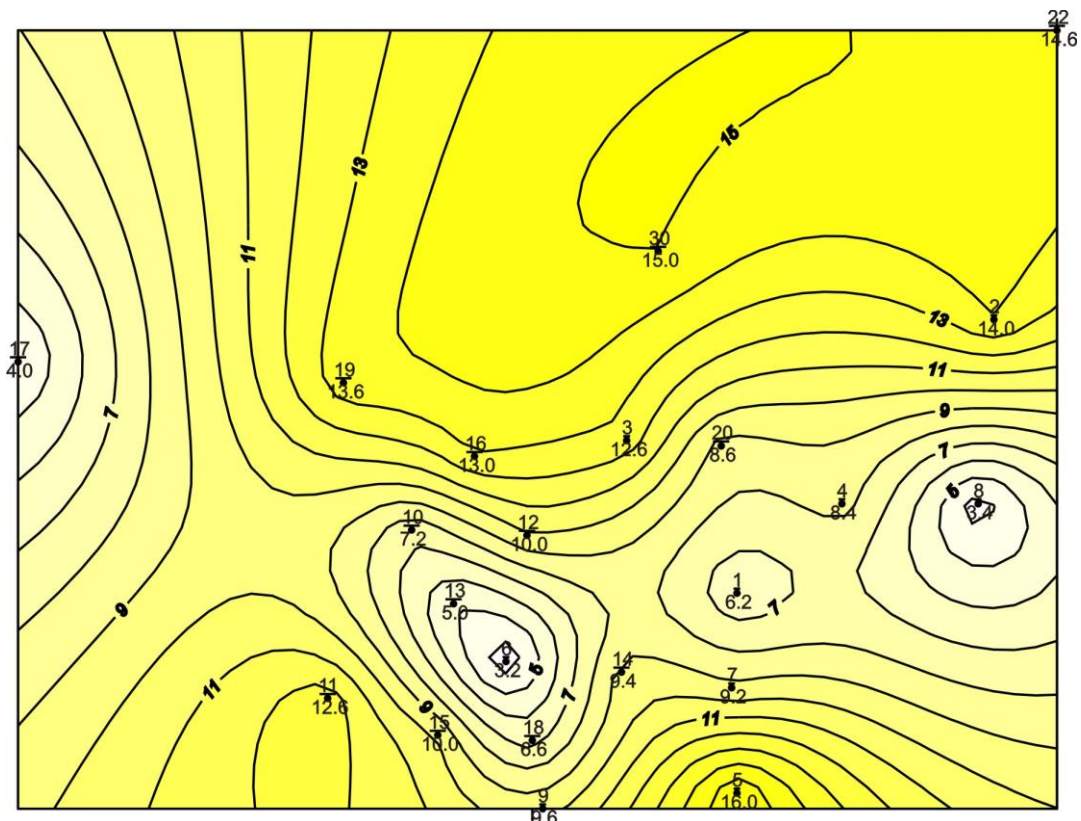


Рис. 33. Карта изонахит циклита Ю₁² Калинового месторождения:
 а – двухмерная модель; б – трехмерная модель

Восходящие движения создают возвышенности, нисходящие приводят к образованию отрицательных форм.

Тесная зависимость мощностей отложений от рельефа является основой, позволяющей использовать метод анализа мощностей в палеогеоморфологии для восстановления первичного облика погребенного рельефа как обширных территорий, так и отдельных участков.

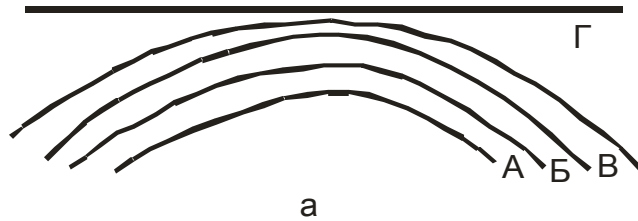
Таким образом, между мощностями осадков и направлением тектонических движений существует прямая связь. Увеличение мощности свидетельствует о прогибании. Уменьшение мощности или полное отсутствие отложений конкретного этапа указывает на поднятие участка и выраженность его в рельефе возвышенностью.

Анализ мощностей дает возможность определить относительный возраст как положительных, так и отрицательных форм рельефа. Примеры определения относительного возраста слоев показаны на рис. 34.

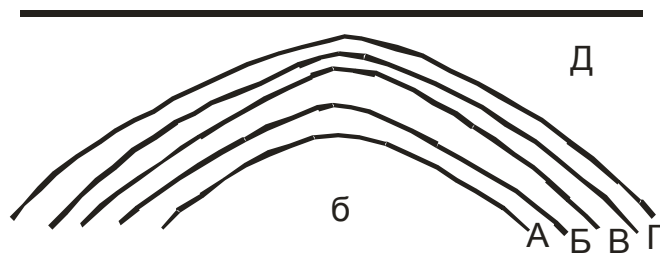
Таким образом, анализируя серию карт изопахит и мощность слоев, составленных в хронологическом порядке, можно восстановить время возникновения и развития морфоструктур различного порядка в течение всей истории формирования данного участка земной коры.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

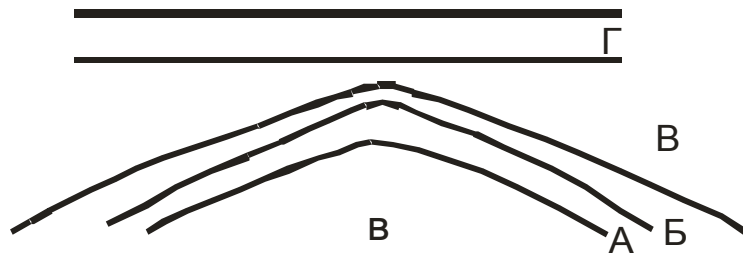
1. С какой целью строят структурные карты?
2. Какую характеристику рельефа поверхности дает структурная карта?
3. Как строятся карты палеорельефа?
4. Какие требования предъявляются к опорной (реперной) поверхности при построении карт палеорельефа?
5. Какая существует связь между мощностями осадков и направлением тектонических движений?
6. Как определить относительный возраст положительных или отрицательных форм рельефа?
7. Какие выводы относительно погребенного рельефа можно сделать при анализе карт изопахит?



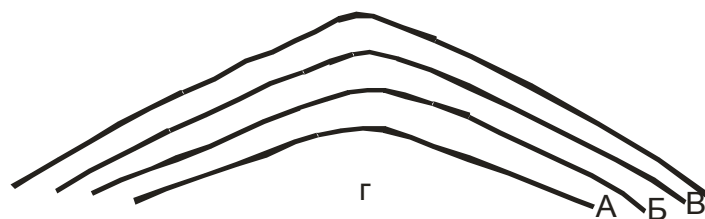
а) Слои А и Б имеют одинаковую толщину в своде и на крыльях. В слое В толщина в своде меньше, чем на крыльях. Следовательно, при формировании слоев А и Б возвышенности не было. Поднятие образовалось при формировании слоя В, затем перекрыто осадками слоя Г.



б) Возвышенность продолжала развиваться и при формировании слоя Г, затем была перекрыта осадками слоя Д.



в) Возвышенность существовала только в период формирования слоя Б, ко времени формирования слоя В была перекрыта молодыми осадками и более не развивалась.



г) Равные толщины слоев на вершине и периферийных частях всех слоев свидетельствует о том, что в период их формирования они представляли собой плоскую равнину, а возвышенность возникла позднее.

Рис. 34. Определение относительного возраста поднятий при анализе мощностей слоев

4. КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СКВАЖИН

Методику применения электрокаротажного материала скважин для выделения картирования и локального прогнозирования литологических ловушек УВ разработал и опробовал на нефтяных месторождениях Мангышлака, Куйбышевского Поволжья и Среднего Приобья В.С. Муромцев [21]. Эта методика оправдала себя и при изучении юрских терригенных нефтегазоносных отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты. В связи с этим в учебном пособии приводятся основы электрометрической геологии песчаных тел – коллекторов и глинистых пород-экранов, разработанной В.С. Муромцевым с дополнениями автора пособия.

4.1. Седиментологические и электрометрические модели терригенного разреза

Песчаное тело – ограниченное в пространстве скопление песчаного материала, образованного в определенных палеогеографических условиях и отделенного от других песчаных скоплений глинистыми или карбонатными отложениями.

Песчаные тела могли формироваться в различных обстановках осадконакопления и в зависимости от этого иметь ту или иную форму поперечного сечения, отличаться внутренним строением (текстурой и структурой), характером контактов с подстилающими и покрывающими осадками, строением зон выклинивания, закономерностями пространственного распространения. Все эти данные представляют собой первоначальные генетические признаки, сохраняющиеся в процессе литогенеза. Эти признаки могут быть использованы для реконструкции условий формирования песчаных тел или установления их фациальной природы.

Как известно, фация – обстановка осадконакопления (современная или древняя), овеществленная в осадке или породе [20].

При изучении фаций широко используется принцип актуализма. Поэтому, чем детальнее изучены современные отложения того или иного генезиса, тем детальнее могут быть установлены их ископаемые аналоги. Однако, несмотря на сходство отложений современных и ископаемых фаций, между ними имеются значительные отличия. Наиболее существенным из отличий является то, что современные осадки, образовавшиеся в определенных физико-географических условиях, еще и не превращены в породы. Ископаемые же породы,

сохранили только некоторые первоначальные и приобрели новые дополнительные признаки.

Первоначальными признаками для песчаных пород являются: содержание песчаной – $P_{фр.}$, алевритовой – $A_{фр.}$, глинистой – $G_{фр.}$ фракций, медианный диаметр – Md , коэффициент отсортированности – So , максимальный размер зерен – M_{max} , а также характер контактов, мощность, форма поперечного сечения, текстурные особенности.

Все перечисленные признаки находятся в тесной зависимости от динамики среды седиментации и меняются как по разрезу, так и по площади. Изучение этих первоначальных признаков позволяет установить последовательность смены палеогидродинамических уровней среды седиментации в пространстве.

Так, известно, что увеличение в осадке песчаной фракции, медианного размера зерен и уменьшение глинистой фракции свидетельствует о повышении динамики среды седиментации, т.е. увеличении скорости водных потоков, в то время как противоположные характеристики указывают на уменьшение энергетических уровней среды. На участках, где преобладали высокие палеогидродинамические уровни среды седиментации, концентрировался наиболее грубый обломочный материал и формировались песчаные тела-коллекторы. В районах с пониженной палеогидродинамической активностью накапливались тонкодисперсные глинистые отложения.

В.С. Муромцевым было выделено пять гидродинамических уровней (режимов): очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий. Каждый из этих уровней характеризуется набором первоначальных признаков, отражающих динамическую активность среды седиментации (табл. 2).

Смена палеогидродинамических уровней оказалась зафиксированной в памяти Земли в виде конкретного геологического разреза с определенным изменением литологического состава, гранулометрии, текстурных признаков, характера контактов и т.д. Причем это изменение характерно для каждой фации в определенной последовательности, что и было использовано для создания седиментологических моделей фаций.

Под **седиментологической моделью** фации понимается смена в определенной последовательности палеогидродинамических уровней седиментации в период ее отложения.

Седиментологические модели фаций послужили основой для определения электрометрических моделей фаций, дающих возможность определять генезис осадков и осуществлять реконструкции

Таблица 2

Палеогидродинамические уровни, отражающие динамическую активность среды седиментации					
У Р О В Н И					
Литология	I Очень высокий	II Высокий	III Средний	IV Низкий	V Очень низкий
Породы	Песчаники крупно- и среднезернистые неглинистые	Песчаники средне- мелкозернистые	Песчано-алевриты - глинистые породы	Алевриты и глинисто- алевритовые породы	Алевриты - глинистые породы и глины
Гранулометрия	Пфр – 70–95 % Афр – 5–10 % Гфр – 0–15 % Md > 0,25 мм Зерна гравия, галька	Пфр – 50–70 % Афр – 5–20 % Гфр – 15–25 % Md - 0,1–0,2 мм	Пфр – 20–50 % Афр – 20–50 % Гфр – 20–50 % Md - 0,06–0,1 мм	Пфр – 0–20 % Афр – 50–85 % Гфр – 15–50 % Md < 0,06 мм	Пфр – 0–5 % Афр – 0–20 % Гфр – 50–90 % Md < 0,02 мм
Слоистость	Крупная косая, иногда сходящаяся или отсутствует. По границам серий – мелкая галька	Косая, косоволнистая. Серийные швы отчетливы	Мелкая косая, косоволнистая, иногда волнистая и горизонтальная. Серийные швы слабозаметны	Волнистая, линзовидная, горизонтальная	Горизонтальная или отсутствует
Следы размыва в основании	Всегда присутствуют в виде конгломератовидных пород	Всегда присутствуют в виде конгломератовидных пород	Слабо выражены в виде мелких окатышей или отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

палеогидродинамических обстановок по электрометрическим разрезам скважин.

Наиболее информативным промыслово-геофизическим методом для получения литологической информации при исследовании терригенных пород получил метод потенциалов поляризации (ПС).

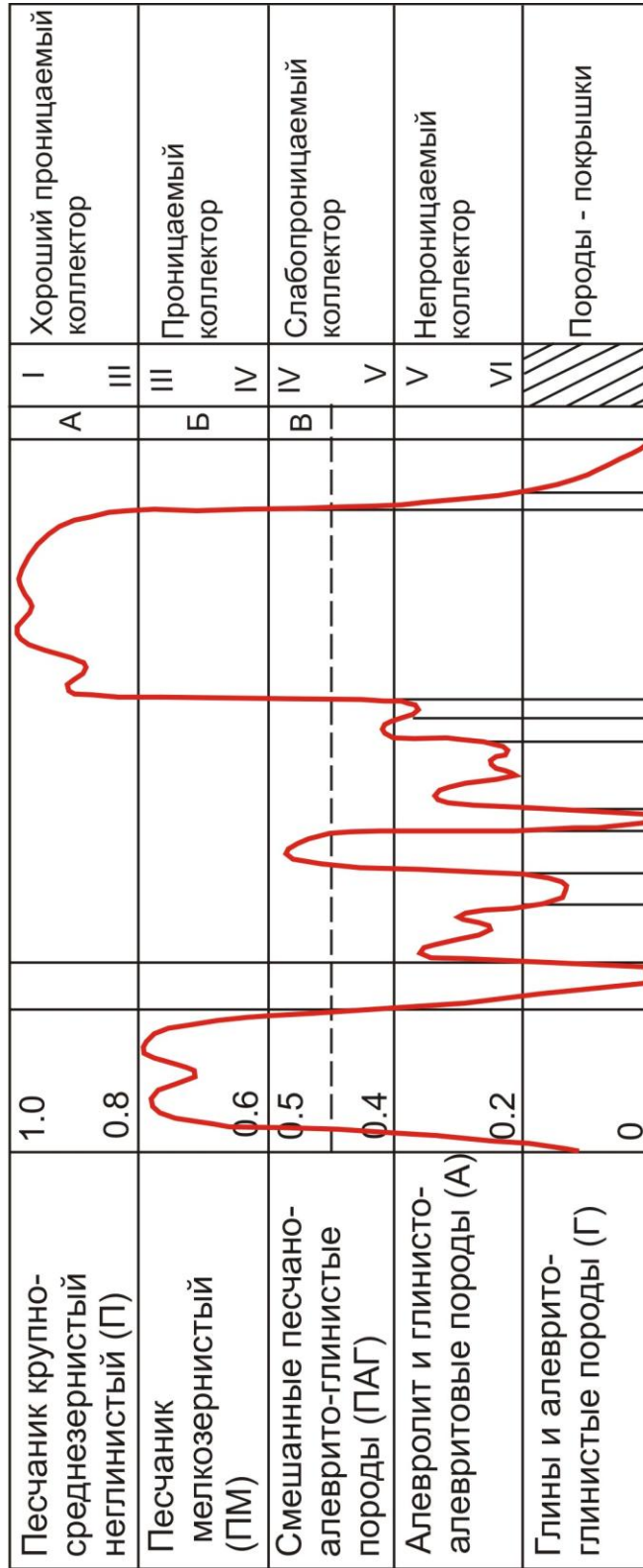
Отмечается корреляционная связь между амплитудой ПС, глинистостью и гранулометрическим составом пород. На характер кривой ПС могут также влиять и другие факторы: минерализация пластовых вод, химический состав бурового раствора, масштаб записи. С целью исключений влияния этих факторов используются не абсолютные значения ПС в мВ, а относительные – $\alpha_{\text{ПС}}$.

Как известно, $\alpha_{\text{ПС}}$ представляет собой отношение значений кривой ПС изучаемого пласта к ее максимуму. Для этого на участке изучаемого терригенного разреза скважины с максимальным абсолютным значением ПС выделяют два опорных пласта (рис. 35). Первым опорным пластом служат морские глины, характеризующиеся минимальным отклонением ПС. Линию глин принимают за нулевую. Вторым опорным пластом служат чистые неглинистые песчаники, обладающие высокой пористостью и проницаемостью. Они отражаются на кривой ПС максимальными отклонениями. По максимальному отклонению кривой ПС проводят вторую линию, параллельную первой.

Расстояние между линиями глин и песков разделяется на пять отрезков (через значение $\alpha_{\text{ПС}} = 0,2$), а также проводится линия $\alpha_{\text{ПС}} = 0,5$.

Интервал значений $\alpha_{\text{ПС}} = 0-0,2$ соответствует глинам и алевроглинистым породам, формирование которых происходило при очень низком (пятом) палеогидродинамическом уровне среды седиментации. Для интервала значений $\alpha_{\text{ПС}} = 0,2-0,4$ характерно наличие алевролитов и глинисто-алевритовых пород, накопившихся при низком (четвертом) уровне среды седиментации. Интервал $\alpha_{\text{ПС}} = 0,4-0,6$ отвечает смешанным песчано-алеврито-глинистым породам, отлагавшимся при среднем (третьем) гидродинамическом уровне. Интервалу $\alpha_{\text{ПС}} = 0,6-0,8$ соответствуют песчаники средне- и мелкозернистые в различной степени глинистые, образовавшиеся при высоком уровне. Интервал $\alpha_{\text{ПС}} = 0,8-1,0$ отвечает распространению песков крупно- и среднезернистых, формирование которых происходило при очень высоком первом палеогидродинамическом уровне среды седиментации.

Линия песков



Линия глин

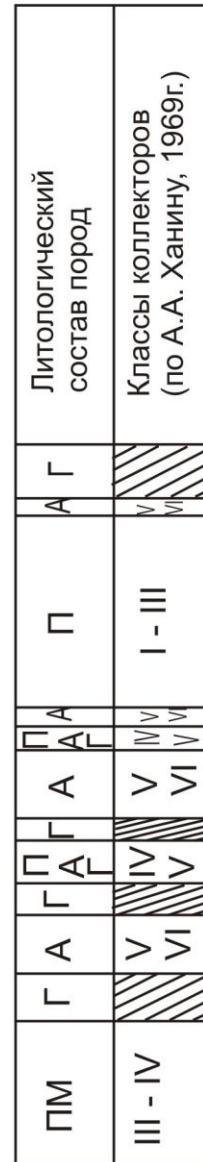


Рис. 35. Схема интерпретации приведенной кривой ПС с выделением литологических различий и классов коллекторов (по В.С. Муромцеву, 1984г.) [21]

Таким образом, предложенная В.С. Муромцевым схема интерпретации кривой ПС отражает палеогидродинамику среды седиментации, она может быть использована для изучения последовательности смены палеогидродинамических уровней, как по разрезу, так и по площади. Это дает возможность устанавливать и прослеживать по данным каротажа пространственное размещение пород, образовавшихся в различных обстановках осадконакопления.

Электрометрической моделью фации называется отрезок кривой ПС, образованный одной или несколькими аномалиями, увязанными с граничными значениями $\alpha_{ПС}$ и отражающими изменения литофизических свойств пород, обусловленные характерной последовательностью смены палеогидродинамических уровней среды седиментации во времени.

Участки кривой ПС, на которых преобладают наибольшие отрицательные или положительные отклонения, выделяются под названием отрицательных или положительных аномалий. Линия $\alpha_{ПС} = 0,5$ рассматривается как разделительная между песчаными и алевроглинистыми породами.

Для картирования распространения песчаных тел определяется коэффициент песчаности, представляющий собой отношение мощности песчаников к общей мощности изучаемого пласта (циклита):

$$K_{п} = h_{апс\ 0,5} / H_{общ} \cdot 100 \%$$

В пределах песчаного тела устанавливают участки развития наиболее крупных песчаных разностей. Для этой цели используется коэффициент кластичности, представляющей собой отношение мощности крупно- и среднезернистых неглинистых песчаников к мощности песчаных пород:

$$K_{кл} = h_{апс\ 0,8} / h_{апс\ 0,5}$$

По В.С. Муромцеву [21], распределение этого коэффициента по площади позволяет выявить зоны с повышенной динамической активностью водной среды. Такие зоны чаще всего приурочены к осевым частям песчаных тел.

В результате проведенных исследований установлено, что электрометрические модели терригенного разреза, созданные на основе седиментологических характеристик, позволяют применять их для получения количественных показателей, используемых при детальном

палеогеографических реконструкциях, и осуществлять локальный прогноз ловушек литологического типа.

4.2. Локальный прогноз распространения коллекторов

Коллекторские свойства пород (открытая пористость и проницаемость) имеют тесную корреляционную связь с гранулометрическими параметрами. Выделенные В.С. Муромцевым по значениям $\alpha_{\text{пс}}$ пять групп терригенных отложений, отличающихся гранулометрическим составом, соответствуют классам коллекторов, по А.А. Ханину (рис. 35).

Классификация коллекторов А.А. Ханина основана на лабораторных данных [24], а при отсутствии таковых удобнее пользоваться более общей типизацией: значениям $\alpha_{\text{пс}} = 1-0,8$ соответствуют хорошо проницаемые коллекторы типа А; $\alpha_{\text{пс}} = 0,8-0,6$ – проницаемые коллекторы типа Б; $\alpha_{\text{пс}} = 0,6-0,4$ – слабопроницаемые коллекторы типа В. Непроницаемые коллекторы класса V–VI, по А.А. Ханину, или глинисто-алевритовые породы с $\alpha_{\text{пс}} = 0,4-0,2$ к коллекторам не относятся.

Установление типов коллекторов А, Б и В носит прогнозный характер и позволяет провести сравнительную оценку преобладающего развития тех или иных коллекторов по площади.

Для выявления и картирования песчаных тел-коллекторов измеряется ширина аномалии по линиям $\alpha_{\text{пс}} 0,8$; $\alpha_{\text{пс}} 0,6$ и $\alpha_{\text{пс}} 0,4$. Затем строятся карты, на которых отражается площадь распространения и контур выклинивания соответствующей группы пород-коллекторов.

Карты по каждому исследуемому песчаному пласту сопоставляют со структурной картой, построенной по его кровле и, зная абсолютную отметку водонефтяного контакта, выявляют строение, полезную площадь и местоположение литологических ловушек в исследуемом районе.

В качестве примера геологических построений по электрометрической характеристике приведены серии карт по слою БС₁₀¹ в районе Когалымской группы структур (рис. 36) из монографии В.С. Муромцева [21].

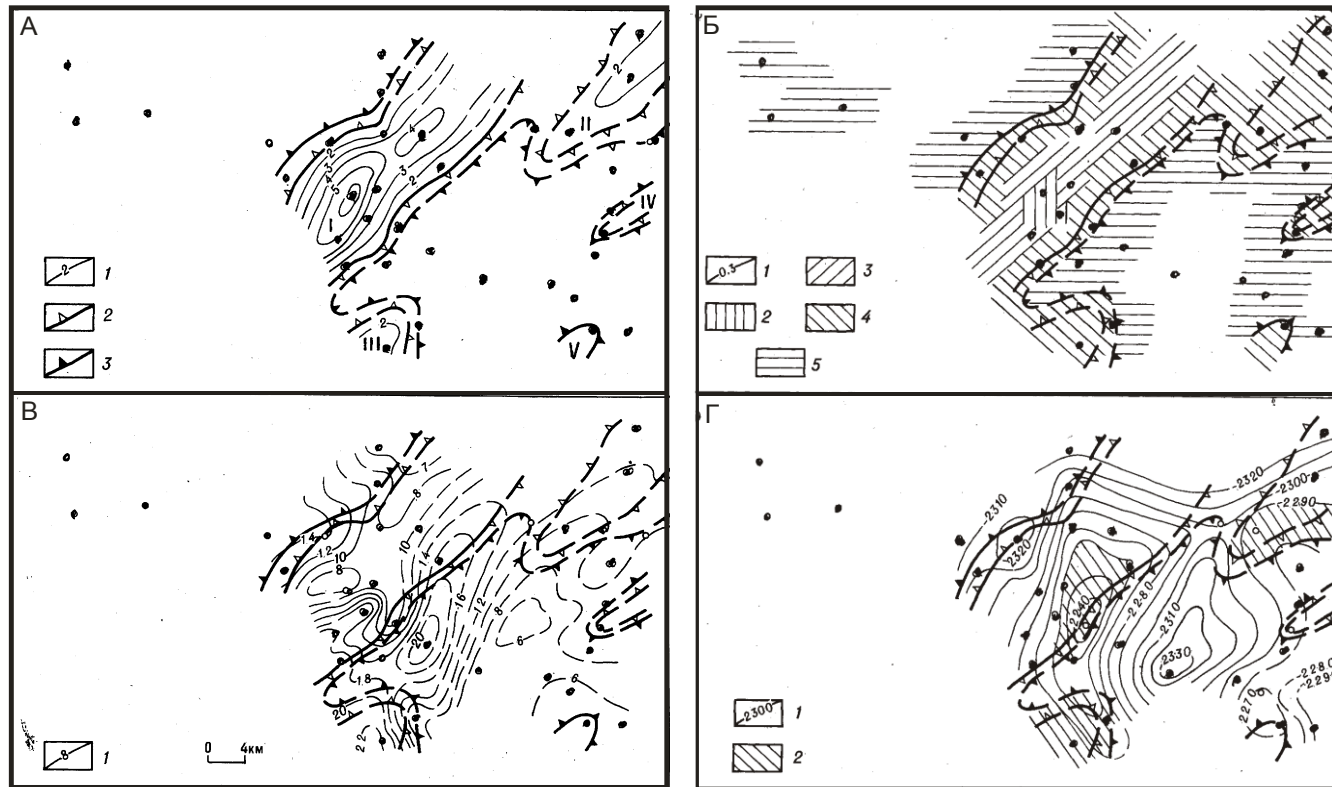


Рис. 36. Локальный прогноз песчаных тел – возможных литологических ловушек нефти и газа слоя BC₁₀¹ в районе Коголымской группы структур (по Р.К. Петровой) [21]:

А – строение и пространственное размещение песчаных тел и зон их выклинивания. 1 – изопахиты песчаных пород; контур выклинивания песчаных тел; 2 – внутренний, 3 – внешний; Б – распределение пород – коллекторов (по классам) и коэффициента кластичности; классы коллекторов; 2 – III – IV, 3 – IV – V, 4 – V – VI. 5 – VI; В – распределение мощности глинистых – пород – экранов. 1 – изопахиты глинистых пород; Г – прогноз песчаных тел – коллекторов и выявление литологических ловушек нефти и газа. 1 – изогипсы кровли слоя; 2 – структурно-литологические ловушки

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие данные положены в основу классификации палеогидродинамических режимов (уровней) среды седиментации?
2. Что такое седиментологическая модель фаций?
3. Что такое электрометрическая модель фации?
4. Что такое $\alpha_{\text{пс}}$?
5. Принципы построения карт литологического состава по данным $\alpha_{\text{пс}}$.
6. Что такое коэффициент песчаности?
7. Что такое коэффициент кластичности?
8. Какую роль играет метод ПС при фациальной диагностике песчаных тел?
9. По каким данным выделяются типы коллекторов в терригенном разрезе?
10. Какими значениями $\alpha_{\text{пс}}$ характеризуются коллекторы типа А?
11. Какими значениями $\alpha_{\text{пс}}$ характеризуются коллекторы типа Б?
12. Какими значениями $\alpha_{\text{пс}}$ характеризуются коллекторы типа В?
13. Как осуществляется прогноз зон развития коллекторов по данным ГИС и палеогеоморфологических построений?

СЛОВАРЬ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Абсолютная высота – расстояние по вертикали от любой точки поверхности земли до среднего уровня океана. А. в. точек, лежащих выше этого уровня, считается положительной, ниже – отрицательной.

Абсолютная отметка – глубина поверхности с учетом поправки за счет искривления скважины и положения устья скважины над уровнем моря.

Адсорбция – поглощение поверхностью тела каких-либо веществ из смежной газовой или жидкой среды, протекающее на границе раздела фаз.

Аккумуляция – накопление на поверхности суши или на дне водного бассейна, реки минеральных веществ или органических остатков.

Актуализм – метод познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого путем использования закономерностей, выявленных при изучении современных геологических процессов.

Акустический каротаж – метод геофизических исследований разрезов скважин, основанный на определении упругих свойств горных пород по данным о распространении в них упругих волн.

Акустический каротаж по затуханию – геофизический метод основанный на определении динамических характеристик упругих волн, связанных с поглощающими свойствами исследуемой среды.

Акустический каротаж по скорости – геофизический метод, основанный на определении кинематических характеристик упругих волн (времени распространения упругих колебаний).

Алевролит – сцементированная осадочная порода, сложенная более чем на 50 % частицами размером 0,01–0,1 мм.

Альтитуда – поправка за высоту устья скважины относительно уровня моря.

Аргиллит – глинистая порода, не размокающая в воде, образующаяся в результате уплотнения, дегидратации глин при диагенезе и катагенезе.

Аргиллиты битуминозные – глинистые породы, обогащенные битумом (нефтью или её производными) в форме сплошного пропитывания или густой сети включений.

Баженовская свита – комплекс пород, представленных преимущественно битуминозными аргиллитами, образовавшимися в

условиях относительно глубоководного шельфа в волжский век.

Барабинская пачка – комплекс алевроито-глинисто-песчаных пород с кальцитовым цементом, обилием фаунистических остатков, пирита и глауконита, образовалась при размыве и переотложении верхней части пород васюганской свиты в кимериджский век.

Васюганская свита – комплекс терригенных пород полифациального генезиса верхнекекеловой-оксфордского возраста; разделяется на верхнюю – преимущественно песчаную и нижнюю – глинистую – подсвиты.

Водо-нефтяной контакт (ВНК) – поверхность, разделяющая в залежи нефть и пластовую воду.

Воды пластовые – воды, залегающие в данном нефтяном пласте.

Волжский ярус – третий снизу ярус верхнего отдела юрской системы.

Вторичное гамма-излучение при нейтронном каротаже – обусловлено выделением энергии при радиационном захвате нейтронов ядрами других элементов.

Гамма-каротаж – один из методов радиоактивного каротажа, основанный на измерении в скважинах интенсивности γ -излучения.

Гамма-каротаж нейтронный – метод радиоактивного каротажа скважин, основанный на измерении интенсивности γ -излучения, вызванного облучением горных пород нейтронами.

Георгиевская свита – комплекс пород относительно глубоководного шельфа; в нижней части или в полном объёме свиты залегают конгломератовидные породы размыва нижележащих отложений (барабинская пачка), в верхней – повсеместно – тонкодисперсные глины; формировалась в кимериджский век.

Геохронолиты – целлостные во времени породные системы; толщи пород, образовавшиеся приблизительно в одно время.

Гипсометрия – распределение высотных отметок той или иной территории.

ГИС (геофизические исследования скважин) – методы геофизического изучения скважин для решения геологических и технических задач, связанных с поисками, разведкой и разработкой полезных ископаемых.

Глауконит – минерал, листоватый силикат; полупроводник; образуется в морских осадках.

Глинистая корка – толщина глинистых частиц, оседающих на стенке скважины при фильтрации промывочной жидкости в

проницаемый пласт.

Глины – осадочные горные породы с преобладанием глинистых минералов (каолинита, гидрослюда, монтмориллонита, хлорита), сложенные частицами менее 0,01 мм; обладают свойством пластичности и набухаемости.

Гравелиты – цементированные крупнообломочные породы, сложенные преимущественно окатанными обломками размером 1,0–10 мм.

Градиент-зонд – система электронов, при которой расстояние между питающим и измерительным электродами намного больше, чем расстояние между измерительными электродами ($A_2 M_{0,5} N$).

Градиент-микрозонд – зонд малой длины, используемый при детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза ($A_{0,025} M_{0,025} N$); радиус исследования составляет 3,75 см.

Диагенез – стадия превращения (преобразования) осадка в осадочную горную породу.

Диффузионно-адсорбционные потенциалы – возникают на границе растворов различной концентрации (пластовые воды и фильтрат промывочной жидкости) и на границе раствора и горной породы.

Диффузия – перемещение частиц в направлении убывания их концентрации.

Диэлектрики – вещества, почти не проводящие электрический ток; их удельное сопротивление изменяется от 10^8 до 10^{15} Ом·м.

Зона проникновения – зона фильтрации скважинной жидкости в проницаемый пласт.

Зонд – система электродов, снаряд или прибор, опускаемые в скважину на каротажном кабеле для производства измерений при геофизических исследованиях скважин.

Известняки – осадочные, преимущественно морские образования, состоящие главным образом из кальцита ($CaCO_3$).

Измерения кавернометрические – производятся в скважинах с целью определения их диаметра, часто увеличенного против номинального за счет образования каверн под действием циркулирующего бурового раствора.

Изогипсы – линии на картах или планах, соединяющие точки одинаковых глубин по абсолютным отметкам.

Изолинии – линии на карте или плане, на которых лежат точки с одинаковым значением какой-нибудь величины.

Изопахиты – линии на картах и планах, соединяющие точки с

одинаковыми мощностями разновозрастных отложений.

Индукционный каротаж – метод электрокаротажа, основанный на применении электромагнитного поля, которое создаёт вторичное электромагнитное поле в горных породах, зависящее от их электропроводности.

Инклинометрические измерения – производятся в скважинах с целью определения угла и азимута отклонения скважины от заданного направления.

Интерпретация – истолкование информации, полученной при физическом исследовании скважин в геологических терминах; извлечение геологической информации из геофизических данных.

Каверны – пустоты в горных породах неправильной или округлой формы размером >1 мм; в скважинах – полости, образующиеся при размыве пород под действием бурового раствора.

Кажущееся удельное сопротивление – обусловлено неоднородностью среды из-за наличия глинистого раствора и пластов различного удельного сопротивления; в общем случае не равно истинному удельному сопротивлению исследуемой среды.

Кальцит – минерал CaCO_3 ; происхождение: химически-осадочное, биохимическое, гидротермальное, метаморфическое.

Каменная соль – осадочная порода хемогенного происхождения, сложенная в основном галитом (NaCl).

Каротаж – геофизические исследования, проводящиеся в скважинах с целью:

- 1) расчленения и корреляция разрезов;
- 2) выявления и разведки пластов нефти, газа, угля и т.п.;
- 3) определения глубины залегания, мощности и строения пластов.

Каротаж радиоактивный (РК) – геофизические исследования скважин, основанные на измерении естественной или искусственно созданной радиоактивности горных пород и руд.

Каротаж электрический (электрокаротаж) – методы геофизических исследований скважин, в основе которых лежит дифференциация горных пород по удельному электрическому сопротивлению.

Карта палеорельефа – отражает погребенный рельеф поверхности слоя минувшей геологической эпохи.

Катагенез – длительная стадия вторичных преобразований осадочной породы, следующая за стадией диагенеза и предшествующая превращению осадочной породы в

метаморфическую.

Кварц – минерал-силикат SiO_2 – один из главных породообразующих минералов горных пород; химически устойчив, накапливается в осадочных горных породах.

Келловейский ярус – верхний ярус среднего отдела юрской системы.

Керн – цилиндрический столбик горной породы, остающийся внутри бурового снаряда и поднимаемый со снарядом на поверхность.

Кимерижский ярус – второй снизу ярус верхнего отдела юрской системы.

Клиноформа – аккумулятивный подводный склон в морском бассейне.

КМПВ (корреляционный метод преломленных волн) – метод сейсморазведки, основанный на изучении упругих волн, преломившихся в пласте, в котором скорость больше, чем в вышележащих слоях.

Коллектор – толща пород, в которой содержатся скопления нефти, газа и воды.

Конгломераты – сцементированные галечники с размерами обломков более 10 мм.

Корреляционная схема – графическое изображение возрастной корреляции (сопоставления) разрезов отложений различных частей геологического региона.

Корреляция – сопоставление слоев горных пород или отдельных частей разрезов как близких, так и отдаленных территорий с целью выяснения одновозрастности соответствующих отложений.

Коэффициент кластичности – отношение мощности крупно- и среднезернистых неглинистых песчаников к общей мощности песчаных пород, выражаемое в %.

Коэффициент отсортированности осадка (S_o) – степень однообразия величины зерен в образце, представляющей собой отношение диаметров частиц на кумулятивной кривой с ординатами 25% и 75%.

Коэффициент песчанистости – отношение суммарной мощности песчаных пластов к общей мощности разреза, выраженное в %.

Литмит – сочетание слоёв по любым свойствам и признакам.

Литологический ряд – комплекс литологических слоёв,

закономерно следующих друг за другом в вертикальном разрезе скважины.

Максимальный диаметр зерен (Mm) – статистический размер зерен минимального (1 %) содержания частиц образца; измеряется в мм.

Медианный диаметр зерен (Md) – средний статистический размер зерен в образце или породе, по отношению к которому одна половина зерен будет крупнее, а другая – мельче; измеряется в мм.

Метод микрозондирования – заключается в детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза зондами малой длины – микрозондами.

Метод потенциалов собственной поляризации (ПС) – основан на изучении естественных электрохимических процессов, протекающих на границах между скважиной и породами, а также на границах между пластами различной литологии в разрезе скважины.

Методы естественной гамма-активности горных пород – основаны на измерении интенсивности гамма-лучей естественного радиоактивного поля.

Методы электрического сопротивления – основаны на измерении искусственных электрических и электромагнитных полей в горных породах, характеризующихся различной электропроводностью.

МОВ (метод отраженных волн) – метод сейсморазведки, основанный на изучении упругих волн, отразившихся от границы раздела двух сред, обладающих различными волновыми сопротивлениями.

МОГТ (метод общей глубинной точки) – метод сейсморазведки, основанный на системе наблюдений с многократным прослеживанием отраженных волн по одним и тем же профилям с помощью цифровых сейсмостанций.

Нейтронный каротаж – метод исследования разрезов скважин, основанный на определении эффекта взаимодействия нейтронов с ядрами атомов горных пород.

Номиналит – комплекс слоев, для которого связь во времени не является существенной (свита, серии, формации).

Обращенный зонд – обозначение измерения кажущихся сопротивлений начинается с измерительного электрода: $N_{11} M_{0,5} A$.

Окисление-восстановление – группа химических реакций, в основе которых лежит частичное или полное перемещение электронов от одних атомов к другим; окисление – химическая реакция

сопровождающаяся отдачей электронов атомом или группой атомов и повышением их валентности; восстановление – присоединение электронов атомами или ионами, сопровождаемое понижением их валентности.

Окислительно-восстановительные потенциалы – возникают в горных породах, содержащих минералы с электронной проводимости.

Оксфордский ярус – первый снизу ярус верхнего отдела юрской системы.

Осадкообразование – совокупность природных процессов взаимодействия литосферы с атмосферой, гидросферой, биосферой и космическим пространством, приводящих к образованию осадков.

Отдел – единица третьего порядка общей стратиграфической шкалы; отложения, образовавшиеся в течение геологической эпохи и отражающие естественный этап в истории развития Земли и жизни на ней.

Палеорельеф – рельеф земной поверхности прошлых геологических эпох, ныне не сохранившийся, но восстанавливаемый (реконструируемый) по древним отложениям.

Пачка – небольшая по мощности часть свиты, совокупность пластов, характеризующаяся определенными фациально-литологическими признаками.

Перфорация обсадных колонн – производится в скважинах для вскрытия пластов, т.е. пробивания канала в колонке труб и цементе, с целью обеспечения доступа из пласта в скважину нефти, газа или подземных вод; осуществляется стреляющими или кумулятивными перфораторами.

Песчаник – обломочная сцементированная осадочная горная порода с размером зерен от 0,1 до 1,0 мм; по размерам зерен выделяются: мелкозернистый (0,1 – 0,25 мм), среднезернистый (0,25–0,5 мм), крупнозернистый (0,5–1,0 мм).

Пирит – минерал FeS_2 самый распространенный сульфид встречается в различных горных породах и рудах; в осадочных породах появление пирита связано с разложением органического вещества в восстановительной среде; полупроводник.

Пласт (породный слой) – преимущественно однородное трехмерное тело, ограниченное снизу и сверху субпараллельными плоскостями-границами, у которого два линейных размера по взаимно перпендикулярным направлениям больше третьего.

Плотность тепловых нейтронов – уменьшается при

столкновении с ядрами водорода; чем больше в среде водорода, тем ниже плотность нейтронов и ниже показания нейтронного каротажа.

Подшва пласта – поверхность, ограничивающая пласт (слой) внизу при нормальном его залегании (стратиграфически нижняя поверхность пласта).

Полевые шпаты – алюмосиликаты Na, K и Ca, широко распространенные породообразующие минералы обломочных пород; большинство полевых шпатов входит в тройную систему Na $[Al Si_3 O_8]$ – K $[Al Si_3 O_8]$ – Ca $[Al_2 Si_3 O_8]$, конечные члены которой, соответственно-альбит, ортоклаз (микроклин, санидин), анортоклаз; промежуточные по составу между Na $[Al Si_3 O_8]$ и K $[Al Si_3 O_8]$ называются щелочными или калинатовыми полевыми шпатами; промежуточные между Na $[Al Si_3 O_8]$ и Ca $[Al_2 Si_3 O_8]$ – плагиоклазами.

Полупроводники – вещества с электронной проводимостью, характеризующиеся возрастанием их удельной электрической проводимости с увеличением температуры; их удельное сопротивление составляет 10^{-6} – 10^{-2} Ом·м.

Пористость – объём всех сингенетических (первичных) и эпигенетических (вторичных) пустот (пор, каверн, микротрещин и др.) в горных породах.

Последовательный зонд - обозначение измерения кажущихся сопротивлений начинается с питающего электрода: $A_2 M_{0,5} N$.

Потенциал-зонд – система электродов, при которой расстояние между измерительными электродами намного больше расстояния между измерительным и питающим электродами ($N_{11} M_{0,5} A$).

Потенциал-микрозонд – зонд малой длины, используемый при детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза ($A_{0,05} M$); глубина исследования составляет 10–12 см.

Потенциал окислительно-восстановительный (Eh) – мера интенсивности присоединения или отдачи электронов в окислительно-восстановительной реакции, представленной ЭДС, выражаемой в милливольтгах (мВ).

Проводники – вещества (тела), обладающие способностью хорошо проводить электрический ток; их удельное сопротивление составляет менее 10^{-6} Ом·м.

Промытая зона – наиболее измененная часть проницаемого пласта вблизи стенки скважины при фильтрации промывочной

жидкости.

Проницаемость пород – способность горных пород пропускать через себя жидкости и газы при перепаде давления.

Профильный геологический разрез – графическое изображение в заданном направлении на вертикальной плоскости: условий залегания горных пород; соотношения горных пород различного возраста и состава, формы геологических тел и изменения их мощности; различных фаций и их взаимных переходов; результатов испытания (опробования); положения в пространстве и соотношения тел (пластов) полезного ископаемого.

Радиоактивность – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно распадаться с испусканием элементарных частиц и образованием ядра других элементов.

Радиоактивные методы изучения разрезов скважин – основаны на исследовании ядерных свойств горных пород и использовании ядерных излучений.

Регрессия (моря) – отступление моря с суши вызывается поднятием суши, в замкнутых бассейнах – уменьшением объёма воды в бассейне под влиянием изменения климатических условиях и обилия поступления обломочного материала.

Рельеф – совокупность всех форм земной поверхности для каждого конкретного участка земли в целом.

Репер – слой (пласт) породы с четкой геофизической характеристикой на всех видах каротажа, хорошо прослеживающийся на обширной территории и имеющий значительную мощность.

Свита – совокупность отложений, образовавшихся в данном регионе в определенных физико-географических условиях и занимающих в нем определенное положение; выделяется преимущественно по фациально-литологическим признакам и ограниченная в своем распространении пределами структурно-фациальной зоны или другой частью геологического региона.

Седиментационная цикличность – последовательность смены обстановок осадконакопления, повторяющихся в тех или иных вариациях в ходе развития акватории или территории.

Седиментация – образование всех видов осадков в природных условиях путём перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния (в водной или воздушной среде) в неподвижное (осадок).

Седиментологическая модель фации – смена в определенной последовательности палеогидродинамических режимов (уровней)

седиментации в период её формирования.

Сейсморазведка – геофизический метод разведки, основанный на изучении распространения в земной коре упругих волн, вызванных взрывом или ударом; упругие волны проникают в толщу земной коры, претерпевают отражение и преломление и возвращаются к поверхности земли, где регистрируются сейсморазведочной станцией.

Система – в стратиграфии часть группы, единица второго порядка общей (планетарной) стратиграфической шкалы; отложения, образовавшиеся в течение геологического периода и отражающие определенный крупный естественный этап в истории развития Земли и жизни на ней.

Скважина буровая – цилиндрическая выработка, пройденная буровым инструментом в горной породе земной коры, характеризующаяся большой величиной соотношения её длины к диаметру; начало скважины называется её устьем, дно – забоем, внутренняя боковая поверхность – стенками.

Слой – низшая (элементарная) единица слоистой толщи; образован более или менее однотипной породой, отличающейся петрографическими, гранулометрическими и другими литологическими особенностями от других слоев.

Стандартный зонд – применяется для получения наиболее оптимальных данных о геологическом разрезе определенного района; в районах с песчано-глинистыми отложениями используют последовательный градиент-зонд, с карбонатными отложениями – потенциал-зонд.

Станция сейсмическая – комплект аппаратуры для приема, усиления и регистрация упругих колебаний, вызванных искусственными взрывами при проведении полевых сейсморазведочных работ.

Стратиграфия – описание последовательности залегания геологических образований какого-либо региона.

Структурная карта – отражает рельеф поверхности слоя на современном этапе развития земной коры.

Тектоника – учение о строении земной коры, геологических структурах и закономерностях их расположения и развития; строение участка земной коры, определяющееся совокупностью нарушений и историей их развития.

Толща – совокупность осадочных образований,

характеризующаяся общностью входящих в неё горных пород и условиями осадконакопления; может иметь различный возрастной объём и мощность; границы её могут не совпадать с основными подразделениями единой стратиграфической шкалы.

Трансгрессия – разновидность процесса наступания моря на сушу вызывается опусканием суши, редко – поднятием уровня океана.

Тюменская свита – комплекс терригенных пород преимущественно континентального генезиса; формировалась в среднеюрскую эпоху.

Углеводороды – органические соединения, состоящие из углерода и водорода – газообразные, жидкие и твердые в зависимости от молекулярного веса и химической структуры.

Угли ископаемые – твердая горючая осадочная порода растительного происхождения.

Углистый аргиллит – твердая горючая высокозольная осадочная порода, содержащая 50 % и более минеральных (глинистых) примесей.

Удельная электропроводность – величина, обратная удельному электрическому сопротивлению, измеряемая в мСим/м.

Удельное электрическое сопротивление – величина, характеризующая способность породы пропускать электрический ток, измеряемая в Ом·м.

Ундаформа – шельф, слабо наклонная абразионно-аккумулятивная поверхность шириной от десятков м до сот км, ограниченная со стороны открытого моря перегибом дна.

Уплотнение осадков – уменьшение мощности осадков в ходе процессов диагенеза и катагенеза.

Фация – обстановка осадконакопления (современная или древняя), овеществленная в осадке или породе.

Фильтрационные потенциалы – возникают при течении жидкости через горные породы под давлением.

Флюид – газообразный или жидкий раствор.

Флюидоупоры (покрышки; экраны) – плохо проницаемые породы, перекрывающие нефтяные и газовые залежи.

Фондаформа – дно морского бассейна; аккумулятивные морские равнины с однотипными литолого-фациальными и палеонтологическими характеристиками.

Цемент – вещество, связующее составные части в обломочных породах: конгломератах, брекчиях, песчаниках и алевролитах.

Циклит – слоевая ассоциация (комплекс пород), главным

свойством которой является связь элементов во времени и пространстве.

Электрометрическая модель фации – отрезок кривой ПС, отражающий изменения литофизических свойств пород, обусловленные последовательностью смены палеогидродинамических уровней среды седиментации во времени.

Электрические методы исследования пород в скважинах – основаны на изучении электромагнитных полей различной (естественной или искусственной) природы в горных породах.

Электроды – специальные заземлители, используемые в электроразведке при изучении естественных или искусственных электрических полей.

Электропроводность – свойство вещества переносить электрические заряды (в горных породах, минералах) под действием внешнего электрического поля.

Эротема (группа) – наиболее крупная единица общей стратиграфической шкалы, объединяющая все горные породы, образовавшиеся в течение эры.

Юрская система – вторая снизу система мезозойской группы; разделяется на 3 отдела: нижний, средний и верхний; продолжительность юрского периода – 55–58 млн лет.

Ярус – часть отдела, т.е. единица четвертого порядка единой стратиграфической шкалы; отложения, образовавшиеся в течение одного геологического века, распространенные в пределах одной или нескольких биогеографических областей или провинций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакиров А.А., Мальцева А.К. Литолого-фациальный и формационный анализ при поисках и разведке скоплений нефти и газа: учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1985. – 159.
2. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е. Фациальная диагностика по материалам ГИС континентальных и прибрежно-морских отложений юры юго-востока Западной Сибири // Проблемы геологии и нефтегазоносности верхнепалеозойских и мезозойских отложений Сибири. – Новосибирск, 1984. – С. 11 – 23.
3. Геологический словарь / Коллектив авторов: В 2 т. – М.: Недра, 1978. – Т. 1. – 486 с. – Т. 2. – 456 с.
4. Геофизические методы исследования: учебное пособие для вузов / В.К. Хмелевский, М.Г. Попов, А.В. Калинин и др. – М.: Недра, 1988. – 396с.
5. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. – М.: Недра, 1982. – 448с.
6. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. – М.: Недра, 1985. – 310с.
7. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1984. – 432с.
8. Ежова А.В., Индексация и корреляция средневерхнеюрской продуктивной толщи Казанского и Пудинского нефтегазоносных районов // Материалы Международной научно-технической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства. – Томск, 2001. – С. 88 – 94.
9. Ежова А.В. Способы расчленения и корреляции осадочных толщ методом системного анализа на примере юрских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты // Нефтегазовому образованию в Сибири – 50 лет: сборник. – Томск, 2002. – С. 39 –48.
10. Ежова А.В. Литология: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 353 с.
11. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: справочник /под ред. В.М. Добрынина. – М.: Недра, 1988. – 476с.
12. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1987. – 375с.

13. Карогодин Ю.Н. Введение в нефтяную литмологию /Труды института геологии и геофизики СОАНСССР. – Новосибирск: Наука. – 1990. - №735. – 239с.
14. Карогодин Ю.Н., Гайдебурова Е.А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов (по комплексу промыслово-геофизических данных). – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. – 108с.
15. Конибир Ч.Б. Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел. – М.: Недра, 1979. – 256с.
16. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследования скважин. – М.: Недра, 1982. – 182с.
17. Латышова М.Г., Вендельштейн Б.Ю., Тузов В.П. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1990. – 312с.
18. Литвиненко О.К. Геологическая интерпретация геофизических данных: учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1983. – 208с.
19. Литвиненко О.К., Петренко В.С. Сборник лабораторных работ по курсу «Геологическая интерпретация геофизических данных». – М.: Недра, 1978. – 151с.
20. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): учебник для студентов геологических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416с.
21. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260с.
22. Петрофизика: учебное пособие для вузов /Г.С. Вахромеев, Л.Я. Ерофеев, В.С. Канайкин, Г.Г. Номоконова. – Томск: Издательство Томского университета, 1997. – 462с.
23. Справочник по литологии / под редакцией М.Б. Вассоевича, В.И. Марченко. – М.: Недра, 1983. – 509с.
24. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. – М.: Недра, 1969. – 368с.
25. Чемяков Ю.Ф., Галицкий В.И. Погребенный рельеф платформ и методы его изучения. – Л.: Недра, 1974. – 207с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	С
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И НАИМЕНОВАНИЯ.....	5
ГЛАВА 1	
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН	
1. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН.....	7
1.1. Геологические задачи, решаемые геофизическими методами.....	7
1.2. Скважина как объект геофизических исследований.. Метод кавернометрии.....	9 9
Характеристика промысловых жидкостей.....	11
1.3. Электрические методы исследования пород в скважинах.....	11
1.3.1. Метод потенциалов собственной поляризации.....	12
1.3.2. Методы электрического сопротивления.....	17
Метод обычных зондов кажущегося сопротивления.....	21
Метод микрозондирования.....	24
Индукционный метод.....	25
1.4. Радиоактивные методы.....	27
1.4.1. Методы естественной гамма-активности горных пород...	27
1.4.2. Нейтронные методы.....	28
1.5. Акустический каротаж.....	30
2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ПО ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	33
2.1. Седиментационная цикличность.....	33
2.1.1. Правила выделения циклитов.....	33
2.1.2. Литологический ряд и его промыслово-геофизическая характеристика.....	37
2.1.3. Характеристика границ между циклитами по промыслово-геофизическим данным.....	38
2.2. Изучение литологических комплексов осадочной толщи при сопоставлении разрезов скважин.....	41
2.2.1. Выбор геофизических реперов.....	41
2.2.2. Расчленение разрезов скважин (на примере средневерхнеюрских отложений юго-востока Западно- Сибирской плиты).....	45

2.2.3.	Составление корреляционных схем и геолого-геофизических профилей.....	52
3.	ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ	56
3.1.	Структурные карты.....	56
3.2.	Карты палеорельефа.....	56
3.3.	Анализ мощностей осадочных слоев.....	59
4.	КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СКВАЖИН	64
4.1.	Седиментологические и электрометрические модели терригенного разреза.....	64
4.2.	Локальный прогноз распространения коллекторов.....	70

ГЛАВА 2

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.	Оцифровка комплекса каротажных диаграмм в программе Corel DRAW.....	73
2.	Изучение литологических комплексов осадочной толщи скважинами геофизическими методами.....	73
3.	Сопоставление (корреляция) разрезов скважин.....	76
4.	Расчет данных для построения карт: структурной, палеогеоморфологической, изменения мощности заданного циклита.....	81
5.	Построение карты палеорельефа.....	84
6.	Построение структурной карты.....	84
7.	Построение карты изопахит.....	86
8.	Расчет данных для построения карт распространения песчаных тел-коллекторов.....	88
9.	Построение карты коэффициента песчанистости.....	91
10.	Построение карты распространения коллекторов.....	96

	СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА О ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ	99
--	--	----

	СЛОВАРЬ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ И ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	101
--	--	-----

	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	113
--	---------------------------------------	-----

	Приложение 1	115
--	--------------------	-----

Учебное издание

ЕЖОВА Александра Викторовна

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Учебное пособие

Научный редактор
доктор технических наук, профессор А.Т. Росляк

Редактор

Верстка


Дизайн обложки

Подписано к печати 17.12.2008. Формат 60×84/16. Бумага “Снегурочка”.
Печать XEROX. Усл. печ.л. 13,14. Уч. - изд. л. 11,89.
Заказ с220. Тираж 60 экз.

Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO
9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30