

Содержание

Введение

1. Скважина как объект геофизических исследований

1.1. Методы исследований

1.1.1. Электрические методы

1.1.2. Методы электрического сопротивления

1.1.3. Метод микрозондов

1.1.4. Индукционные методы

1.2. Виды каротажа

1.2.1. Радиоактивный каротаж

1.2.2. Нейтронный каротаж

1.2.3. Акустический каротаж

1.3. Седиментационная цикличность

2. Литологический ряд и его промыслово – геофизическая характеристика

2.1. Геофизическая характеристика

2.2. Характеристика границ между циклитами по промыслово – геофизическим данным

2.3. Расчленение Васюганской свиты

2.4. Геологические построения

2.5. Метод анализа карт изопахит

2.6. Седиментологические и электрометрические модели песчаных тел

Заключение

Литература

Введение

Геофизические исследования разрезов скважин выполняются широким комплексом, включающим электрические, магнитные, радиоактивные, термические, механические, акустические и др. методы позволяющие решать следующие геологические задачи:

- расчленение горных пород, слагающих разрезы скважин;
- литология разреза
- выделение реперов для корреляции разрезов;
- выделение коллекторов;
- изучение строения месторождений по данным обобщающей интерпретации геофизически

исследований;

Способы решения этих задач отражены в данном курсе. На примере нескольких групп наиболее типичных геологических задач оценены возможности отдельного геофизического метода и комплекса методов, изложен приемы элементарных расчетов по геофизическим материалам для геологических построений и прогноза зон распространения коллекторов в пределах изучаемых площадей.

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

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.

Исследование скважин геофизическими методами проводится в 4-х основных направлениях:

- 1) изучение геологических разрезов скважин;
- 2) изучение технического состояния скважин;
- 3) контроль разработки месторождений нефти и газа;
- 4) проведение прострелочно-взрывных работ в скважинах.

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, в свою очередь 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 и 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.

Информация о разрезе скважины может быть получена прямыми методами, путем отбора и изучения образцов пород, извлеченных из скважины. Однако непрерывный отбор керна, представляющего весь литологический разрез, является трудной и дорогостоящей операцией. Поэтому информация о разрезе скважинь

по данным керна обычно имеется лишь по небольшим интервалам и ограниченному числу скважин. Есвязи 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.

1. Скважина как объект геофизических исследований

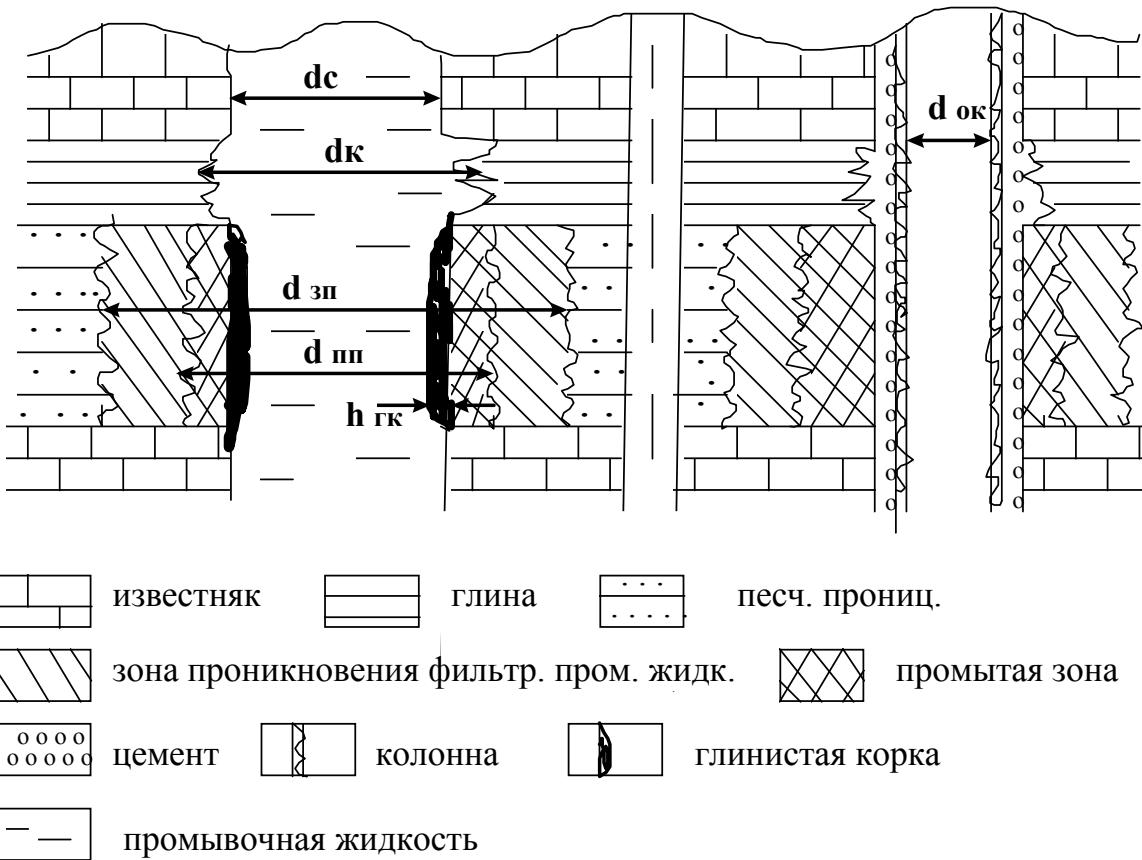
Скважины бурят с целью изучения геологии, поисков и разведки месторождений нефти, газа, угля, руд пресных и термальных вод, строительных материалов, решения задач гидрогеологии и инженерной геологии. Основное число скважин бурят при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений, где 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 первоначальное гидростатическое давление и температура.

Горные породы обладают различными механическими свойствами. Плотные прочные породы изменяются мало. 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.

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 пласти. 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.

В зоне проникновения физические свойства породы изменены. Прежде всего, изменяется физико-химический состав флюида в поровом пространстве. При взаимодействии фильтрата промывочной жидкости с поровой происходит различные физико-химические процессы: набухание глинистых частиц, реакции окисления и восстановления, образование потенциалов фильтрации и т.д. Наиболее измененная часть пласта вблизи стенки скважины называется промытой зоной.



dc – диаметр скважины; dk - диаметр каверны; $d_{ок}$ - диаметр обсаженной колонны; $d_{зп}$ - диаметр зоны проникновения; $d_{пп}$ - диаметр промытой зоны; $h_{гк}$ - толщина глинистой корки.

При изучении физических характеристик неизмененной 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 аппаратурные устройства, позволяющие увеличить глубинность метода в радиальном направлении, и разработаны способы интерпретации, исключающие влияние скважины и промывочной зоны и зоны проникновения.

При бурении скважины в качестве промывочных жидкостей, используемых для выноса на поверхности 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 разбуруиваемых глинистых толщ;
- нефильтрующиеся растворы на нефтяной основе.

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

После окончания бурения и проведения геофизических исследований в открытом стволе скважину укрепляют осадными металлическими колоннами. Пространство между опущенной колонной и стенкой скважин укрепляют с помощью цементного раствора для разобщения отдельных пластов и раздельного их опробования при поисках, разведке и разработке месторождений.

1.1. Методы исследований

1.1.1. Электрические методы

Метод потенциалов собственной поляризации.

Методы потенциалов самопроизвольной поляризации горных пород основаны на изучении естественных электрических полей в скважинах. Эти поля возникают в результате электрических процессов, протекающих на границах между скважиной и породами, а также на границах между пластами различной литологии в разрезе скважины.

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

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

Окислительно-восстановительные потенциалы возникают в горных породах, содержащих минералы с электронной проводимостью. При контакте последних с раствором происходит реакция окисления – потеря электронов. Поверхность пород при этом заряжается положительно, а раствор – отрицательно.

Фильтрационные потенциалы возникают при течении жидкости через горные породы. 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.

Диффузионно-адсорбционная активность возрастает с повышением содержания глинистого материала в скважинах против однородных высокодисперсионных глинистых пород создается наибольшая положительная величина разности потенциалов. (Катионы адсорбируются глинистыми частицами, заряжаются положительно диффузии почти нет.)

Наименьшими значениями диффузионно - адсорбционной активности характеризуются чистые песчаные и карбонатные породы с высокой пористостью и проницаемостью. (В них преобладает диффузия анионов Cl⁻ поэтому заряжаются отрицательно.)

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 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 мВ, используют линию глин, проводя ее по участкам кривой с наиболее положительными показаниями ПС, соответствующим интервалам разреза, которые представлены глинами (в терригенном разрезе).

Линия глин для значительных интервалов разреза сохраняется практически стабильной и идет параллельно оси глубин. Постепенное отклонение линии глин вправо с глубиной связано с влиянием геотермического градиента и уплотнением глин. Резкое смещение линии глин вправо или влево с глубиной является признаком искажения диаграммы. Она является браком и для интерпретации не используется.

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.

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 пластовых вод и фильтратов промывочной жидкости, определением коэффициента глинистости, пористости и проницаемости и нефтегазонасыщения.

1.1.2. 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), микро - каротажа (МК), бокового каротажа (БК), бокового микро - каротажа (БМК) и индукционного каротажа (ИК).

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 группам:

– **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 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 ($m > 10 \text{ г/l}$) до 1000 Ом · м при низкой минерализации ($m < 0,01 \text{ г/l}$). 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 теменьшее 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) 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.

Кажущееся сопротивление горных пород измеряется чаще всего с помощью обычных зондовых устройств у которых три электрода находятся в скважине, четвертый устанавливается на поверхности вблизи устья скважины.

Электроды называются парными, если они включены в одну цепь, и непарными – электроды разных цепей. По измеряемой величине электрического поля и расположению электродов зондовые установки делятся на потенциал – зонды и градиент–зонды.

Потенциал — зондами называются такие зонды, у которых расстояние между непарными соседними электродами АМ мало по сравнению с расстоянием между парными лектродами.

Запись: $A_{0,5}M_6N$

Градиент - зонды – это зонды, у которых расстояние между парными электродами (MN и AB) мало по сравнению с расстоянием между непарными электродами.

Запись: $A_{0,4}M_{0,5}N; A_2M_{0,5}N$.

В скважине замеряется удельное сопротивление пород. При этом мы имеем дело с неоднородной средой состоящей из пластов различного удельного сопротивления и глинистого раствора, поэтому полученный результат называют кажущимся удельным сопротивлением.

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 $A_2M_{0,5}N$ и $N_{11}M_{0,5}A$.

Метод обычных зондов КС – основной метод, применявшийся при изучении геологических разрезов незакрепленных скважин, 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 все

геологических построений, связанных с изучением глубинного строения территории, уточнением 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 пластины нефти, газа, угля, руд и других полезных ископаемых.

1.1.3. Метод микрозондов

Небольшие размеры микрозондов дают возможность получать кажущееся сопротивление, в минимальной степени искаженное влиянием среды.

Удельное сопротивление пород определяют по данным совместного анализа кажущихся сопротивлений одновременно измеренных микро-потенциал-зондом $A_{0,05}M$ и микро-градиент-зондом $A_{0,25}M_{0,025}$.

1.1.4. Индукционные методы

Индукционный каротаж (ИК) является разновидностью электромагнитного каротажа. Он основан на применении электромагнитного поля, которое индуцирует вторичное электромагнитное поле в горных породах. В связи с этим 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. Эти методы можно использовать также при выделении рудных тел или тонких глинистых прослоев, залегающих в высокомощных карбонатных 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 приемной. Генераторная катушка создает первичное электромагнитное поле, приводящее к возникновению в горных породах вихревых токов (токов Фуко). Схематическая 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 – мсм\м. Зависимость между удельным электрическим сопротивлением породы R_n и удельной электропроводностью породы G_n – обратно пропорциональная. В связи с этим при малых R_n (до 50 Ом м) небольшому значению соответствует большое изменение. Это означает, что в области малых сопротивлений, метод обладает большой чувствительностью.

Именно поэтому он позволяет, к примеру, выделять тонкие прослои глин среди мощных пластов высокого сопротивления.

Регистрируемая в процессе измерений эффективная удельная проводимость зависит от проводимости пласта, промывочной жидкости, зоны проникновения вмещающих пород, диаметра скважины, мощности пласта, размера и конструкции зонда и отличается от истинной удельной электропроводности пласта. Однако методика геофизической интерпретации позволяет учесть влияние имеющихся факторов и определить значения.

1.2. Виды каротажа

1.2.1. Радиоактивный каротаж

Радиоактивным каротажем скважины называется совокупность радиоактивных методов изучения разрезов скважины, основанных на использовании ядерных излучений и на изучении ядерных свойств горных пород.

Естественная радиоактивность, т.е. самопроизвольный распад неустойчивых атомных ядер, спонтанно превращающихся в ядра других элементов, сопровождается испусканием альфа-бета частиц, гамма - квантов и другими процессами.

Естественная радиоактивность горных пород в основном обусловлена присутствием в них естественных радиоактивных элементов - урана, радия, тория и радиоактивного изотопа калия.

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

Радиоактивность обломочных пород обусловлена не только присутствием обломков радиоактивных минералов, но прежде всего адсорбцией ионов урана, калия и соединений урана и тория на поверхности частиц.

Максимальной радиоактивностью обладают глины, минимальной - чистые кварцевые песчаники. Полимиктовые песчаники даже при малой глинистости обладают значительной радиоактивностью, поскольку у них часть зерен скелетной фракции представлена калийсодержащими минералами - полевыми шпатами, микроклинами, глауконитом. Радиоактивность песчаников и алевролитов возрастает с увеличением глинистости.

Радиоактивность карбонатных пород, как правило, низкая. Низкой радиоактивностью обладают большинство хемогенных пород, за исключением калийных солей.

Радиоактивность природных солей обычно низкая. Высокую радиоактивность, благодаря содержанию в них урана, имеют природные битумы и битуминозные породы.

Естественная радиоактивность горных пород в скважине измеряется специальным измерительным прибором – радиометром. Так как интенсивность гамма-излучений промывочной жидкости, стальной колонны и цемента небольшая и изменяется в нешироких пределах, по сравнению с интенсивностью гамма - излучения горных пород, то в общем случае регистрируемая интенсивность естественной гамма - активности пропорциональна радиоактивности горных пород, пройденных скважиной.

1.2.2. Нейтронный каротаж

Сущность нейтронного каротажа (НК) сводится к облучению пород быстрыми нейtronами и регистрации гамма - излучения при взаимодействии нейтронов с породой.

При НК 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 электронов – 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.

Наибольшая потеря энергии происходит при столкновении нейтрона с ядром атома водорода, масса которого почти равна массе нейтрона.

Изучение разреза методами НК сводится к облучению горных пород быстрыми нейтронами и к регистрации гамма - излучения радиационного захвата нейтронов.

Нейтронный гамма - каротаж основан на измерении характеристик гамма-излучений, возникающих в процессе поглощения нейтронов в горных породах при их облучении внешним источником тока.

Породы с высоким, водородосодержанием на диаграммах НГК отмечаются низкими показаниями.

В малопористых породах с низким водородосодержанием плотность нейтронов вблизи детектора увеличивается, что вызывает повышение интенсивности радиационного захвата, а следовательно, показаний НГК.

Показания НГК против водоносной части пласта могут быть завышены по сравнению с показаниями

против нефтеносной его части (за счет присутствия элементов, обладающих высокой способностью к захвата нейтрона).

Эту особенность кривой НГК можно использовать для установления ВНК и прослеживания его в процессе эксплуатации залежи нефти в однородных песчаных пластах, имеющих постоянный литологический состав и пористость, содержащих высокоминерализованную пластовую воду.

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 связанный водой (водные алюмосиликаты); гипсы, содержащие химически связанный 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.

Во вторую группу входят малопористые разности – плотные известняки и доломиты скементированные песчаники и алевролиты, а также ангидриты и каменная соль. На диаграммах НГК зарегистрированных зондами большой длины, эти породы выделяются высокими показателями.

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

1.2.3. Акустический каротаж

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

При акустических исследованиях горных пород измеряют кинематические и динамические характеристики продольных и поперечных 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 мксек; интервальное время распространения упругой волны –, измеряемое в мксек/м.

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 для упругих волн, измеряемым в дБ/м.

1.3. Седиментационная цикличность

Образование и размещение полезных ископаемых в земной коре определяется цикличностью геологических процессов. Поэтому познание закономерностей циклического развития имеет огромное практическое значение.

Понятие "цикличность" указывает на закономерную смену определенных элементов, стадий во времени и пространстве. Это понятие обусловлено существованием циклов. Цикл – это обособленный последовательный, непрерывный (или прерывисто-непрерывный) ряд закономерно связанных между собой явлений. Другими словами, цикл – это процесс, целостная во времени совокупность явлений, событий.

Существование цикличности определяется более или менее равномерной повторяемостью. Ритм – это характеристика процесса, его свойство, структура динамической системы.

К понятию "ритмичность" близко понятие "периодичность". Периодичность – регулярная повторяемость явлений во времени и пространстве.

Наиболее отчетливое выражение цикличность получила в процессе седиментации. Этот процесс имеет

прерывистый, дискретный характер.

Элементарным продуктом (и следствием) седиментации является слой. Сочетание слоев, из которых состоит осадочная толща, создает определенную породно - слоевую ассоциацию. Изучению этих ассоциаций, из системному анализу и связанных с ними полезных ископаемых посвящена наука – нефтяная литмология. Теоретические, методологические основы и практическое использование этого нового направления нефтяной геологии разработал Юрий Николаевич Карагодин.

Как уже говорилось, исходным понятием породной ассоциации является слой. Элементами слоя более низкого уровня организации являются прослои, слойки, пропласти. Породный слой (пласт), по Ю.Н. Карагодину – 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. Прослои (пропластки) чаще всего измеряются миллиметрами и первыми сантиметрами, а отдельные слои – сантиметрами и даже десятками метров. Любое сочетание породных слоев, объединенное в слоевую ассоциацию, носит название **литмита**. Породно - слоевая ассоциация, главным свойством которой является связь элементов во времени и пространстве, называется **циклитом**. Другие породно - слоевые ассоциации, для которых признак связи во времени не является важным, относятся к **номиналитам**. Примером последних являются свиты, серии комплексы, формации.

Таким образом, литмиты – это общее наименование слоевых систем. Циклиты – целостные во времени слоевые системы. Номиналиты – слоевые системы, для которых связь во времени не является существенной.

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

Ю.Н. Карагодин дает классификацию циклитов, в основу которой взят признак направленности изменения вещественного состава – от слоя к слою. Для терригенных пород это изменение гранулометрического состава (размера зерна, для карбонатно-терригенного разреза – изменение соотношения карбонатной и терригенной составляющей).

По приведенной классификации все 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 (аллювиальные)**.

Второй тип циклитов группы А характеризуется обратным направлением взятого признака, т.е. размер зерен увеличиваются вверх по разрезу. Они называются **ретрессивными, или рециклитами (ретрессивные бары)**.

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", ретрессивная. Нижние и верхние слои представлены более грубозернистыми породами, чем средние, внутренние; при этом границы между слоями остаются постепенными, нерезкими (прибрежно-морские осадки, сформировавшиеся при трансгрессивно-ретрессивном характере береговой линии).

Вторая подгруппа группы Б представляет циклиты обратного строения, т.е. для нижних слоев характерно ретрессивное сочетание, для верхних – прогрессивное с постепенной сменой направленности (пласт Ю₁⁰ георгиевская и баженовская свиты).

Ассоциации элементарных циклитов образуют следующие уровни породно-слоевых ассоциаций – местные, зональные, региональные. 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

конгломератами, гравелитами, песчаниками.

2. Литологический ряд и его промыслово- геофизическая характеристика

2.1. 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 – это ряд 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 (КМ),
- 6) акустический каротаж (АК),

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

Для каждой из литологических разностей необходимо выработать эталонные характеристики по всем названным видам каротажа. Онирабатываются на интервалах разрезов, охарактеризованных керном. В большинстве случаев породные разности охарактеризованы керном и имеют надежные каротажные эталоны. Наиболее трудно распознаются по каротажным диаграммам литологические типы пород, относящиеся к переходным разностям от одной породы к другой (например, алевролиты, углистые аргиллиты). Кроме того наличие глинистых и глинисто-алевритовых галек в песчаниках (даже крупно- и среднезернистых) фиксируется на каротажных диаграммах как увеличение глинистой составляющей, хотя во многих разрезах именно конгломератовидные породы (внутриформационные конгломератобрекции) лежат в основании литологического ряда, указывая на размыв ранее сформировавшихся отложений.

Следующим этапом системно-литмологических исследований является выделение циклитов (

использованием направленности, непрерывности изменения существенных свойств от слоя к слою и определения характера границ.

Направленность выражается в смене одной литологической разности другой. Непрерывность в смене одной литологической разности данного литологического ряда в виде последовательного ряда цифр (1, 2, 3 и т.д.) то непрерывность отразится в непрерывности числового ряда.

Характер границ между породными слоями прямо связан предыдущим свойством. Если литологический ряд непрерывный, то границы между слоями постепенные, а в случае его разрыва – резкие. При этом наблюдается следующая зависимость: чем больше выпадает литологических разностей, тем резче граница.

2.2. Характеристика границ между циклитами по промыслово – геофизическим данным

Постепенный переход от одного породного слоя к другому выражается различным образом.

В одних случаях в породе одного состава появляется примесь материала вышележащих пород, количества которого постепенно вверх по разряду увеличивается, пока один породный слой полностью не сменится следующим. В этом случае постепенный характер границ между телами 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 увеличивается, 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 и НГК, во-вторых, в постепенном отклонении общей направленности изменения их значений.

Между слоями могут быть и резкие границы. Обычно они приурочены к породам, резко отличающимся от литологическому 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 диаграммах и постепенное их отклонение в ту либо другую сторону;

б) резкая граница-

- контактирует 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.

Применение системного анализа для расчленения и корреляции нефтегазоносных толщ.

Выделив по комплексу промыслово-геофизических исследований литологические разности в качестве породных слоев и определив характер границ между ними, можно разделить исследуемую часть разреза на циклиты различного ранга.

Выделив по комплексу промыслово-геофизических исследований литологические разности в качестве породных слоев и определив характер границ между ними, можно разделить исследуемую часть разреза на циклиты различного ранга.

Установление общих закономерностей распределения породных слоев в разрезе и конкретно в

каждом циклите дает возможность использовать породно-слоевые системы, их части и границы между ними в качестве надежных коррелятивов. Корреляция разрезов -- один из важных этапов геологического исследования, поскольку ее результаты являются основными исходными данными для различного рода построений.

Анализ выделенных в разрезе осадочной толщи циклитов различного ранга и типов позволяет определить особенности строения толщи и выявить на этой основе опорные интервалы, которые могут быть использованы в процессе корреляции в качестве маркирующих. Такую роль при увязке разрезов играют выдержаные угольные пласти. 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 пласти 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 в разрезах и обладают индивидуальной промыслово-геофизической характеристикой.

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

- глины тогурской свиты (Y_1) ;
- глины нижневасюганской подсвиты ;
- угольные пласти Y_{10} и Y_1 ;
- аргиллиты баженовской свиты .

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

Во вторую группу реперов объединяются угольные пласти Y_8 , Y_6 и Y_4 , которые, хорошо прослеживаясь на обширной территории, имеют небольшую мощность.

К третьей группе реперов относятся угольные и глинистые пласти, 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 пласти 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 пласти, 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.

2.3. Расчленение Васюганской свиты

Разрез верхневасюганской подсвиты на большей части юго-востока Западно-Сибирской плиты разделены на подугольную, междуугольную и надугольную толщи. В составе подугольной толщи выделяются

пласти Ю_1^4 и Ю_1^3 , надугольной -- Ю_1^2 и Ю_1^1 .

Подугольная толща в пределах Вахского месторождения состоит из трех частей.

Нижняя, имеющая мощность от 2 до 13 м, представлена песчано-алевритовой породой и перекрывается маломощным (ок. 1 м) глинистым пропластком -- циклит Ю_1^4 .

Средняя часть подугольной толщи представлена мощной (до 30 м) песчаной пачкой, перекрываемой глинистым прослоем мощностью 1-3 м. Эти отложения названы как циклит $\text{Ю}_1^{3\text{н}}$. В подошве его часто наблюдаются следы размыва, в связи с чем кровля циклита Ю_1^4 иногда отсутствует. В этом случае оба циклита образуют одно песчаное тело.

В целом породы циклов Ю_1^4 и Ю_1^3 могут быть объединены в единый комплекс, формирование которого происходило в условиях преобладающего отступления береговой линии в сторону моря при очень кратких трансгрессиях моря.

Верхняя часть подугольной толщи, представленная частым чередованием песчано-алевритовых и глинистых прослоев толщиной 2-3 м и перекрывающаяся углистым прослоем У_1^2 , названа как циклит $\text{Ю}_1^{3\text{с}}$. По фациальной характеристике объединяется с вышележащим циклитом.

Межугольная толща соответствует отложениям, накопившимся в континентальных условиях. Толщина ее очень изменчива и зависит от конкретных условий ее формирования. Толща перекрывается углем У_1^1 названа как циклит $\text{Ю}_1^{3\text{в}}$.

Надугольная толща представляет собой сильно изменчивое по составу геологическое образование которое иногда отчетливо разделяется на циклита Ю_1^2 и Ю_1^1 . По своей фациальной характеристике надугольная толща в целом указывает на трансгрессивный характер осадконакопления.

Таким образом, в составе верхневасюганской подсвиты Вахского месторождения выделяются три законченных седиментационных цикла, соответствующих 3 этапам ее развития -- регressiveному континентальному и трансгрессивному. Комплексы пород, сформировавшихся в эти этапы, согласно правилам выделения и соподчиненности циклов, классифицируются как зональные циклита, а составляющие их части -- как темциклицы.

В итоге, в результате системного анализа в составе регионального циклита Ю_1 выделены темциклицы :

- $\text{Ю}_1\text{р}$ (регressiveный), состоящий из темцикличес Ю_1^4 и $\text{Ю}_1^{3\text{н}}$;
- $\text{Ю}_1\text{к}$ (континентальный), сложенный темцикличесами $\text{Ю}_1^{3\text{с}}$ и $\text{Ю}_1^{3\text{в}}$;
- $\text{Ю}_1\text{т}$ (трансгрессивный), составленный из темцикличес Ю_1^2 и Ю_1^1 .

2.4. Геологические построения

По материалам совместной обработки геологических и геофизических данных составляются литофациальные и профильные геологические разрезы, литофациальные, структурные и другие карты.

Профильный геолого-геофизический разрез представляет собой совмещение на одном чертеже корреляционной схемы и профильного геологического разреза. При построении такого профиля геолого-геофизический разрезы скважин размещаются на чертеже в соответствии с выбранным направлением с учетом превышения скважин над уровнем моря (абсолютных отметок) и расположения скважин.

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. На них изображаются в изогипсах условия залегания слоя, в котором расположен опорный горизонт.

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 высотные отметки точек пересечения.

Высотные (абсолютные) отметки точек пересечения вычисляют с учетом искривления скважины (по данным инклинометрии) и положения устья скважины над уровнем моря.

Построение структурных карт сводится к проведению горизонталей поверхности, по которой строится карта. Положение точек, через которые проходят горизонтали, определяют путем пропорционального деления отрезков между скважинами.

Эти горизонтали указывают на глубину залегания поверхности, называются изогипсами, записываются со знаком _минус. Такие карты дают характеристику рельефа поверхности слоя на современном этапе развития земной коры.

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

Палеогеоморфологические построения. Рельеф подразделяется на наземный (субаэральный), подводный (субаквальный).

Объектами исследования палеогеоморфологии является погребенный и реставрированный погребенный рельеф. Погребенным называется субаэральный или субаквальный рельеф, захороненный под субаэральными или субаквальными осадками, и в той или иной степени измененный последующими процессами во время захоронения и после.

Изучение развития погребенного рельефа проводится с помощью многих геологических и геофизических методов. Остановимся на двух из них, наиболее простых, позволяющих восстановить рельеф прошлого 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 непригодны 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 субаэральные аккумулятивные равнины и поверхности выравнивания. Но это не лучший вариант, так как их рельеф менее выровнен, чем рельеф донных равнин морской аккумуляции.

2.5. Метод анализа карт изопахит

Наглядное представление о распределении мощностей дают карты изопахит. Они строятся для любого стратиграфического подразделения. Они показывают площадное распределение мощностей, которое нередко закономерно или локально возрастают или уменьшаются.

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. Восходящие движения создают возвышенности, нисходящие приводят к образованию отрицательных форм рельефа, предопределяя тем самым области денудации и аккумуляции.

ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ЦИКЛИТА Ю₁³Н ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА СЕВЕРО-ВАХСКОЙ ПЛОЩАДИ.

№ п/п	№ скв.	координаты		Поправка	Глубина, м			Абс. отметка подошвы цикликита Ю ₁ ³ Н	Горизонталь (глуб. подошвы цикликита - глуб. подошвы бажен. св.)
					Подошва баженовской свиты	цикликит Ю ₁ ³ Н			
		x	y			подошва	кровля	мощность	
1.	1031	10	15	224	2424	2454	2434	20	2454 -224 -2230
.									2454 -2434 -30
16.									

1. Карта палеорельефа юго-восточного участка Северо-Вахской площади на начало формирования

циклицита Ю₁³ н.

2. Карта изопахит циклицита Ю₁³ н (юго-восточный участок Северо-Вахской площади.).

3. Структурная карта подошвы циклицита Ю₁³ н (юго-восточного участка Северо-Вахской площади.)

ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ЦИКЛИТА Ю₁³ Н НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ УЧАСТКЕ СЕВЕРО-ВАХСКОЙ ПЛОЩАДИ

№ п/п	№ скв.	Координаты		Мощность, м		Коэффициент песчанистости, % $a_{pc} > 0,5$	Литологический состав по апс			
				общая H	песчаников, м h		типа коллектора		неколлектор	покрышка
		x	y	A 1 - 0,8 0,8	B 0,8 - 0,6 0,4		0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0	
1.	1031	10	15	20	10	50	2			
2.	1024	12	18	30	6	20	4			

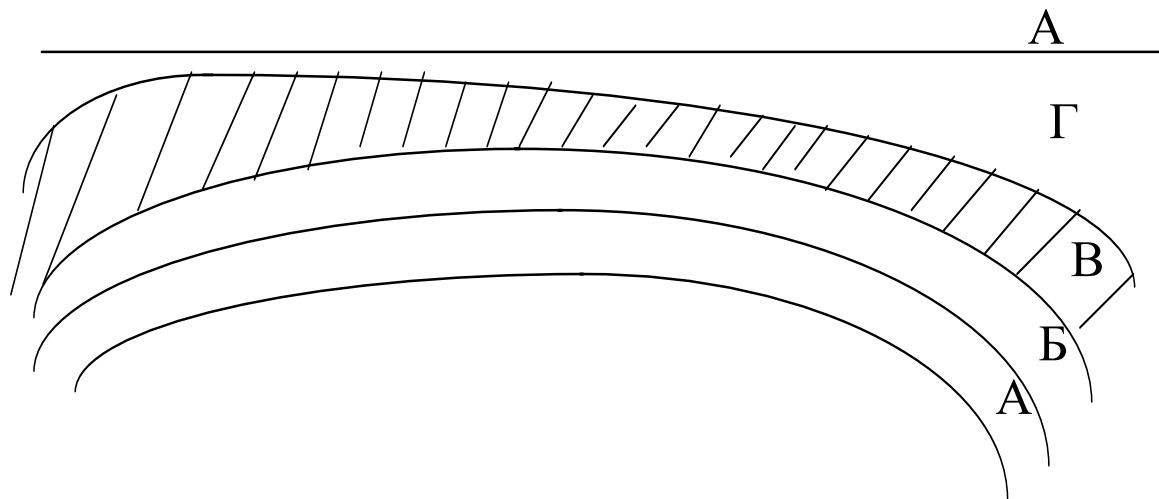
Тесная зависимость мощностей отложений от рельефа является основой, позволяющей использовать метод анализа мощностей в палеогеоморфологии для восстановления первичного облика погребенного рельефа как обширных территорий, так и отдельных участков.

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.

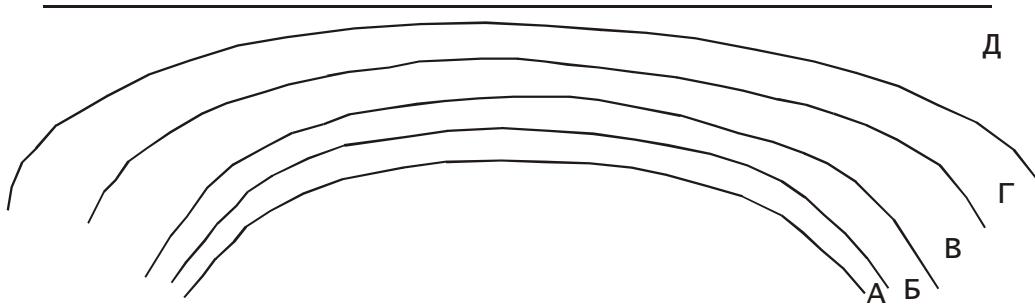
Примеры :

а) Возвышенность сложена толщами А, Б, В и Г, из которых первые 2 слоя имеют одинаковую мощность, по сравнению с прилегающими участками, а третья (В), более молодая, характеризуется ее уменьшением в основной части.

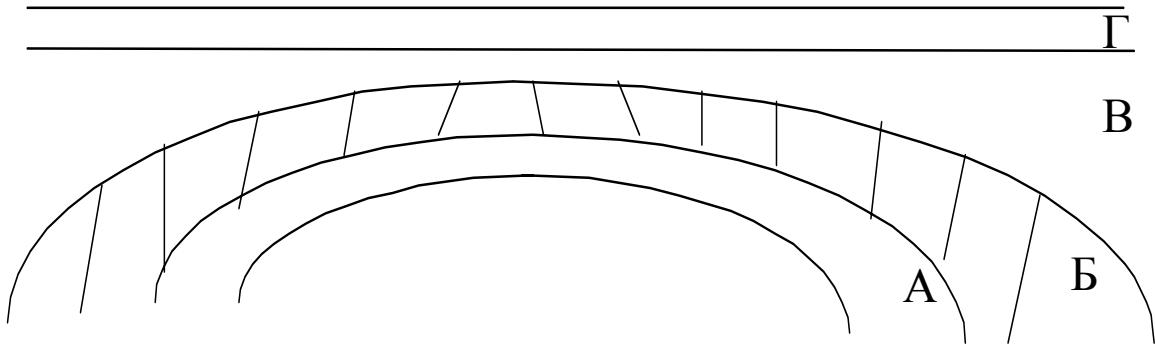


Следовательно, в период отложения толщи А и Б не было возвышенности, поэтому осадки имеют повсеместно одинаковую мощность. В период отложения толщи В начала формироваться возвышенность. В связи с этим в сводовой части мощность толщи В уменьшилась, что говорит о выраженности возвышенности в рельефе и датирует время ее формирования.

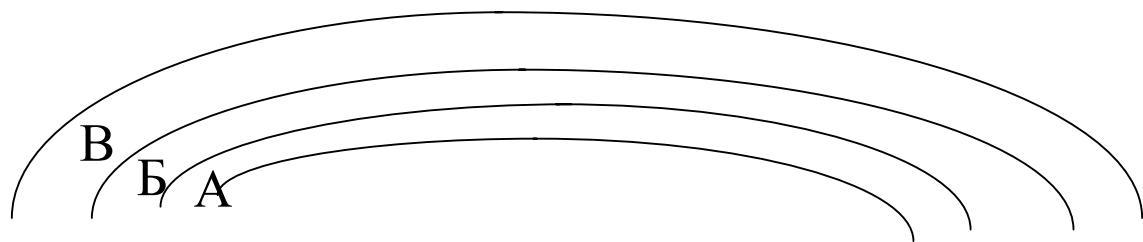
б) Возвышенность продолжала формироваться.



в) Возвышенность существовала в течение формирования толщи Б, затем погребена под молодыми осадками.



г) Идентичность мощностей на своде и периферических частей существующего ныне поднятия свидетельствует о том, что в периоды формирования А, Б, и В этот участок представлял собой плоскую равнину.



Изменение мощностей может вызываться разными причинами: в одних случаях тектоническими, в других--денудационными процессами.

Для определения причин уменьшения мощности отложений или полного их отсутствия необходим анализ фаций в пределах возвышенности и прилегающих к ней пространств, на которых сохранилась полная мощность данных отложений. Это позволяет избежать ошибки в определении времени формирования рельефа. Если уменьшение мощности толщи происходит одновременно с изменением фаций то, следовательно, возвышенность существовала и формировалась в период ее седиментации.

Если мощность уменьшилась за счет уничтожения верхней части толщи, что устанавливается с помощью фациального анализа, то размытие произошло в конце или после ее отложения.

При определении относительной высоты или глубины форм рельефа следует учитывать уплотнение осадков после отложения и захоронения. Зная мощность погребенного слоя и коэффициент его уплотнения под влиянием давления, можно восстановить его мощность к моменту погребения. Высота или глубина форм рельефа будет всегда больше мощности слоев уплотненных пород, участвующих в их строении.

2.6. Седиментологические и электрометрические модели песчаных тел.

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.

При изучении фаций широко используется принцип актуализма. Потому, 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 фации - осадки образовавшиеся в определенных физико-географических условиях, еще не погребенные и не превращенные в породы. Ископаемые же фации - породы, сохранившие только некоторые первоначальные и приобретшие новые дополнительные признаки.

Первоначальными признаками для песчаных пород являются : содержание песчаной -- $\Pi_{\text{фр.}}$ алевритовой -- $A_{\text{фр.}}$, глинистой -- $\Gamma_{\text{фр.}}$ фракций, медианный диаметр -- M_d , коэффициент сортировки -- S_o 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.

Таким образом, первоначальные признаки фиксируют те или иные условия среды, в которой происходило накопление осадка и его изменения.

Для определения генезиса осадков по данным каротажа необходимо знание изменения условий седиментации во времени для

разных отложений.

В связи с этим В.С. Муромцевым были разработаны седиментологические модели фаций, в основу которых положен единый принцип, основанный на том, что отложения каждой фации формировались в условиях меняющихся палеогидродинамических режимов (уровней). Это дало возможность для каждой фации определить свою собственную седиментоогическую модель, отражающую свойственную только данной фации смену палеогидродинамических уровней во времени.

Всего 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.

1. Очень высокий. Преобладают песчаники крупно-среднезернистые, неглинистые. Гранулометрический состав пород:

$\Pi_{\phi p}$ - 70: 95 %

$A_{\phi p}$ - 5-10 %

$\Gamma_{\phi p}$ - 5-15 %

$Md > 0,15$ мм

Песчаники могут быть в разной степени отсортированы ; в них встречаются зерна гравия, гальки мелких валунов. Слоистость косая одно- и разнонаправленная, косоволнистая, в основании следы интенсивного размыва.

2. Высокий. Преобладают песчаники мелкозернистые. Гранулометрический состав :

$\Pi_{\phi p}$ - 50-70 %

$A_{\phi p}$ - 5-20 %

$\Gamma_{\phi p}$ - 15-25 %

$Md = 0,1 - 0,2$ мм

Слоистость косая , косоволнистая, волнистая. В основании - следы размыва.

3. Средний. Наблюдаются смешанные (песчано-алеврито-глинистые) породы. Гранулометрический состав :

$\Pi_{\phi p}$ - 20- 50 %

$A_{\phi p}$ - 20-50 %

$\Gamma_{\phi p}$ - 20-50 %

$Md = 0,03 - 0,1$ мм

Слоистость мелкая косая, горизонтально-косая, косоволнистая, линзовидная. Следы размыва выражены слабо или отсутствуют.

4. Низкий. Широко развиты алевролиты и глинисто-алевритовые породы, имеющие следующий гранулометрический состав :

$\Pi_{\phi p}$ - 0-20 %

$A_{\phi p}$ - 50-85 %

$\Gamma_{\phi p}$ - 15-50 %

$Md < 0,03$ мм

Слоистость горизонтальная, волнистая, линзовидная.

5. Очень низкий. Алеврито-глинистые породы и глины. Гранулометрический состав :

$\Pi_{\phi p}$ - 0-5 %

$A_{\phi p}$ - 0-20 %

$\Gamma_{\phi p}$ - 50-90 %

$Md << 0,02$ мм

Слоистость горизонтальная или отсутствует.

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 и 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 палеогидродинамических обстановок по электрометрическим разрезам скважин.

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

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, фильтрации жидкости и окислительно-восстановительными реакциями.

Эти естественные электрометрические 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 глинистых пород, обладающих высокой адсорбционной способностью, а также участки, характеризующиеся низкой адсорбционной способностью и отвечающие наличию в разрезе низкодисперсных образований -- неглинистых песчаных пород-коллекторов.

Первые отличаются отложением кривой ПС в сторону положительных, а вторые -- в сторону отрицательных значений.

Уменьшение размеров пор и наполнение их глинистым веществом равносильно росту удельной поверхности и адсорбционной способности пород.

Отмечается корреляционная связь между относительной амплитудой ПС и относительной глинистостью, а также влияние гранулометрического состава пород на характер кривых ПС.

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 -- L ПС.

Как известно, LПС 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.

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 принимается за единицу.

Установив зависимость LПС от Md, В.С. Муромцев предложил следующую схему интерпретации кривой LПС с выделением литологических разностей пород.

Расстояние между линиями глин и песков разделяется на пять отрезков (через значение LПС = 0,2) а также проводится линия LПС = 0,5.

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

первом палеогидродинамическом уровне среды седиментации.

Таким образом, кривая 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.

Используя различные графики зависимости ЛПС, содержание

в породе песчано-алевритовой фракции установили, что каждому интервалу ЛПС соответствуют определенные палеогидродинамические уровни, а уровням - классы коллекторов, по А.А. Ханину. Установление таких классов носит прогнозный характер и обеспечивает лишь сравнительную оценку о (?) преобладающем развитии тех или иных классов коллекторов на площади.

Участки кривой ПС, на которых преобладают наибольшие, отрицательные или положительные отклонения, выделяются под названием отрицательных или положительных аномалий. Линия $LPC = 0,5$ рассматривается как разделительная между песчаными и алеврито-глинистыми породами.

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

Заключение

Таким образом, комплексная интерпретация данных ГИС и палеогеоморфологических построений позволяет произвести прогноз зон развития коллекторов определенного генетического типа, т.е. наметить области развития неантеклиентальных ловушек нефти и газа в терригенных отложениях.

Литература

- Белозёров 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.
- Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов при подсчёте запасов и проектировании разработки. - М.: Недра, 1978. - 318 с.
- Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. - М.: Недра, 1987. - 448 с.
- Даницкий В.А. Геологическая интерпретация материалов геофизических исследований скважин. - М.: Недра 1966. - 387 с.
- Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.Н., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. - М.: Недра 1984. - 432 с.
- Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. - М.: Недра, 1987. - 375 с.
- Карогодин Ю.Н. Введение в нефтяную литмологию. - Новосибирск: Наука, 1990. - 235 с.
- Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач /Под ред. В.Е. Никитского, В.В Бродового. - М.: Недра, 1987. - 471 с.
- Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследований

скважин. - М.: Недра, 1981. - 778 с.

- Латышова М.Г., Вендельштейн Б.Ю., Тузов В.П. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин. - М.: Недра, 1990. - 312 с.
 - Литвиненко О.К. Геологическая интерпретация геофизических данных: Учебное пособие для вузов. - М.: Недра 1983. - 208 с.
 - Литвиненко О.К., Петренко В.С. Сборник лабораторных работ по курсу "Геологическая интерпретация геофизических данных". - М.: Недра, 1978. - 151 с.
 - Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа. - М.: Недра, 1984. - 260 с.
 - Чемеков Ю.Ф., Галицкий В.И. Погребённый рельеф платформ и методы его изучения. - Л.: Недра, 1974. - 207 с.
 - Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. - М.: Недра, 1969. - 368 с.
-