

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геологии нефти и газа

НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ

Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.02

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 553.982 (073)

НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *О.Е. Кочнева*. СПб, 2020. 29 с.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению лабораторных работ и правила их оформления. Даны некоторые теоретические основы вопросов нефтегазопромывловой геологии.

Предназначены для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по специализации «Геология нефти и газа».

Научный редактор проф. *О.М. Прищеп*

Рецензент канд. геол.-минерал. наук *И.Ю. Винокуров* (ФГБУ ВСЕГЕИ)

Перечень лабораторных работ к выполнению студентами специальности ГНГ по дисциплине «Нефтегазопромысловая геология»:

1. Выделение реперных (маркирующих) и отражающих горизонтов.
2. Расчленение разрезов скважин и составление литологической колонки по данным геофизических исследований.
3. Построение линии кондиционных значений пористости коллекторов.
4. Выделение проницаемых пластов и пропластков, определение характера их насыщения по данным ГИС (КС).
5. Построение корреляционной схемы.
6. Построение геолого-статистического разреза.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Для выполнения лабораторных работ необходимо изучить некоторые теоретические основы геофизических исследований скважин (ГИС).

Геофизические исследования скважин (ГИС) заключаются в измерении вдоль ствола скважины физических свойств горных пород, а также характеристик естественных или искусственно созданных в скважине физических полей. Измерения проводят специальными геофизическими приборами (например, зондами), спускаемыми в скважину на каротажном кабеле.

При геофизических исследованиях горные породы и насыщающие их жидкости изучаются в скважинах. Скважина - это вертикальная горная выработка, длина которой значительно меньше ее диаметра. В зависимости от решаемых задач ГИС могут проводиться в необсаженных скважинах (в процессе бурения) и после бурения, в скважинах, обсаженных металлическими колоннами (обсадными трубами). Результаты ГИС изображаются в виде диаграмм, представляющих собой графики изменения измеряемых параметров с глубиной (эти измерения называются также каротажем).

На разных стадиях изученности нефтегазового объекта

(структура, залежь, месторождение) приходится решать различные геологические задачи, поэтому применяют различные методы ГИС или комплекс методов.

Ниже приведены некоторые из геофизических методов исследования:

1. Электрические методы.
2. Радиоактивные методы.
3. Акустические методы.
4. Механические методы (кавернометрия скважин).

В целом комплексы ГИС предназначены для решения следующих задач:

- Литологическое и стратиграфическое расчленение разрезов; определение глубины залегания и толщин пластов.
- Корреляция разрезов скважин с целью изучения строения месторождения, характера фациальной изменчивости, построения профилей и карт.
- Выделение коллекторов нефти и газа, изучение особенностей их распространения по площади, оценка характера их насыщения, определение коллекторских свойств.
- Использование разрезов ГИС при подсчете запасов и составлении проектов разработки месторождений.

Применение того или иного комплекса ГИС определяется целевым назначением скважин, в которых проводят исследования. Различают комплексы типовые и обязательные. На практике обязательный комплекс ГИС называют стандартным комплексом. Для территории северо-востока Волго-Уральской нефтегазоносной провинции стандартный комплекс ГИС включает в себя: электрический каротаж (КС, ПС, МК, БК или ИК), радиоактивный каротаж, кавернометрию (механический каротаж).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ

Электрический каротаж заключается в измерении двух основных характеристик горных пород: потенциалов самопроизвольной поляризации (метод естественного электрического поля - ПС) и кажущегося удельного сопротивления пород (методы искусственного электрического поля - КС).

МЕТОД ПОТЕНЦИАЛОВ СОБСТВЕННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Метод основан на измерении напряженности естественного электрического поля, возникающей в скважине на границе раздела двух сред (жидкостей с разной минерализацией - пластовая вода и промывочная жидкость; буровым раствором и горными породами, пластами с различной литологией) в результате следующих процессов:

- диффузии солей в буровом растворе и пластовой воде;
- фильтрации пластовых вод из горной породы в скважину;
- фильтрации глинистого раствора из скважины в породу;
- окислительно-восстановительных процессов, происходящих в зонах соприкосновения породы, глинистого раствора и металлов.

В результате этих процессов в породах создается электрическое поле, потенциал которого измеряется в методе ПС. Для регистрации величины ПС применяется двух электродная система - геофизический зонд. Измерение сводится к регистрации разности потенциалов между электродом N, заземленным у устья скважины и электродом M, перемещаемым по стволу скважины. Полученная кривая отображает изменение разности потенциалов по разрезу скважины.

Интерпретация каротажных диаграмм ПС:

1. Метод ПС оценивает относительную глинистость разреза, поэтому в терригенном разрезе эта кривая позволяет выделить глинистые пласты - аргиллиты и пласты песчаники - коллекторы.

2. Максимальная положительная амплитуда кривой ПС (крайне правое положение) характеризует в разрезе аргиллиты; максимальная отрицательная амплитуда - отражает пласты песчаники, алевролиты имеют меньшую, чем у чистых песчаников отрицательную амплитуду (рис. 1).

3. На каротажах кривая ПС показана точками, фиксируется в одном масштабе, при копировании она переносится на миллиметровую бумагу - красным цветом, единицы измерения mV.

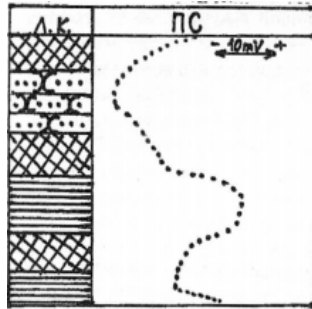


Рис. 1. Пример расчленения разреза по методу ПС

МЕТОД КС - МЕТОД КАРОТАЖА СОПРОТИВЛЕНИЙ

Метод основан на различии горных пород в электропроводности. Различают следующие виды:

- Каротаж обычный 4-ех электродными зондами – КС
- Боковое каротажное зондирование - БКЗ
- Боковой каротаж - БК
- Микрокаротаж - МК
- Индукционный каротаж - ИК

КС обычными зондами - метод измеряет кажущееся удельное сопротивление горных пород, вскрытых скважиной - ρ_k . Для его определения используют 4-ех электродные зонды, из которых 3 - опущены в скважину, 1 - заземлен на поверхности. А и В - пара питающих электродов, М и N - измерительные. Измеряется ΔU - разность потенциалов пропорциональную силе тока I, пропущенного через электроды А и В и удельному сопротивлению горных пород - ρ_k .

Величина ρ_k зависит от литологического состава пород, пористости, сопротивления отдельных минералов и жидкостей (растворов солей) в порах пород, диаметра скважины, температуры и других факторов. Поэтому измеряется не истинное сопротивление, а кажущееся. ρ_k - изменяется в очень широких пределах от 1 Ом до тысяч Ом.

$$\rho_k = K \Delta U / I,$$

где K - коэффициент зонда, зависящий от расстояния между электродами; I - ток, пропущенный через электроды А и В; ΔU - разность потенциалов между электродами М и N.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ КС:

1. Горные породы характеризуются различными показаниями ρ_k в зависимости от характера их насыщения (рис.2):

- ρ_k коллектора, насыщенного пластовой водой характеризуется минимальными значениями сопротивления, т.к. вода является проводником;
- ρ_k коллектора, насыщенного нефтью имеет высокие показания (больше 10 Ом, т.к. нефть является диэлектриком и не проводит электрический ток, а находясь в породе снижает ее проводимость).

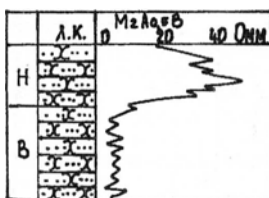


Рис.2. Определение различного характера насыщения коллекторов по кривой КС

2. ρ_k терригенных пород много меньше $\ll \rho_k$ карбонатных, поэтому кривая КС может использоваться для отделения терригенного разреза от карбонатного (происходит изменение масштаба записи кривой КС) (рис.3):

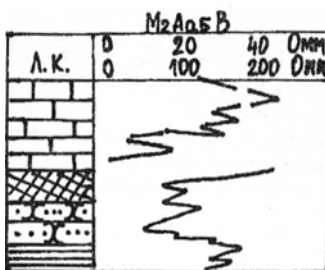


Рис.3. Определение перехода карбонатного разреза в терригенный по КС

3. Кривая КС фиксируется в нескольких масштабах:

- Минимальный масштаб записи - шкала с шагом 4 (0-4-8 Ом) показана на каротаже черным мелким пунктиром (характеризует породы с очень маленьким сопротивлением, поэтому представлена не повсеместно). При копировании этой кривой на миллимет-

ровку изображается синей пунктирной линией;

- Стандартный масштаб записи кривой КС - шкала с шагом 20 (реже 10) 0-20-40 Омм показана на каротаже черной сплошной линией, используется для отображения изменения сопротивления в терригенном разрезе. При копировании этой кривой на миллиметровку изображается синей сплошной линией;

- Масштаб записи кривой КС - шкала с шагом 100 (0-100-200 Омм) - показан пунктирной черной линией, предназначен для фиксации высокоомных разрезов (карбонатных пород, нефтяных пластов в терригенных породах). При копировании этой кривой на миллиметровку изображается черной сплошной линией;

- Максимальный масштаб записи кривой КС - шкала с шагом 500 (0-500 Омм) - показан пунктирной черной линией с точкой, предназначен для фиксации наиболее высокоомных разрезов карбонатных пород. При копировании этой кривой на миллиметровку изображается черной пунктирной линией;

- Все шкалы для кривых присутствующих на каротаже изображаются в «шапке» либо синим, либо черным цветами в соответствии с кривой.

РАДИОАКТИВНЫЙ КАРОТАЖ

Радиоактивный каротаж – это методы исследования в скважинах, направленные на изучение радиоактивных свойств пород. Высокая проникающая способность радиоактивного гамма-излучения позволяет применять методы радиоактивного каротажа как в необсаженных, так и в обсаженных колоннами скважинах.

МЕТОД ГК - МЕТОД ГАММА-КАРОТАЖА

Метод ГК основан на измерении естественной радиоактивности горных пород (первичное γ - излучение, обладающее максимальной проникающей способностью) по стволу скважины прибором радиометром. Радиоактивность пород обусловлена присутствием в них соединений урана, радия, тория, продуктов их распада, а также радиоактивных изотопов калия.

Среди осадочных пород наибольшей адсорбирующей способностью обладают глины, аргиллиты, поэтому их радиоактивность - максимальна. Они захватывают продукты распада радиоак-

тивных элементов за счет большой удельной поверхности, т.е. радиоактивность г.п. определяется степенью их глинистости. Единицы измерения - микрорентген/час (мкр/час).

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ ГК:

1. Кривая фиксируется в двух масштабах, меньший (со шкалой 0-3-6-9 мкр/час) справа и показывается точками, а больший с шагом 0-15 мкр/час расположен левее и показан группами точек (выражен не повсеместно).

2. Максимальное отклонение кривой ГК вправо характеризует глинистые породы - аргиллиты, отклонение кривой влево соответствует коллекторам (песчаники, алевролиты). Метод предназначен для выделения литологических разностей пород (рис.4).

3. При копировании этих кривых на миллиметровку первый (меньший масштаб изображается красной сплошной, а больший масштаб - красной пунктирной линиями. Обе шкалы в «шапке» - красным цветом).

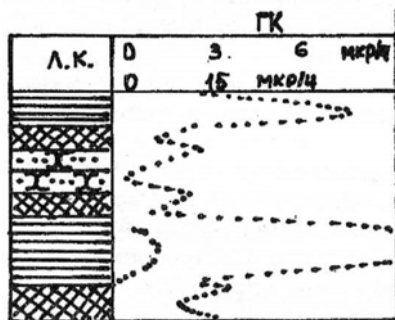


Рис.4. Использование кривой ГК для расчленения разреза

МЕТОД НГК - МЕТОД НЕЙТРОННОГО ГАММА-КАРОТАЖА

НГК - нейтронный гамма каротаж - в методе регистрируется вторичное γ - излучение, образующееся в породе в результате облучения их потоком тепловых нейтронов. Горные породы поглощают тепловые нейтроны с интенсивностью пропорциональной их водородосодержанию и хлоросодержанию (водорода больше всего содержится в нефтях и в воде, а хлора - в пластовых высокоминерализованных водах).

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ НГК:

1. Максимальным положительным значением НГК (отклонение кривой вправо) отличаются карбонатные г.п. - известняк, доломит; максимальным отрицательным значением НГК (отклонение кривой влево) характеризуются аргиллиты; песчаники и алевролиты имеют средние значения (рис.5).

2. Кривая используется для разделения карбонатного и терригенного разреза.

3. Кривая фиксируется в одном масштабе и показана черным цветом, при копировании она также изображается черным цветом.

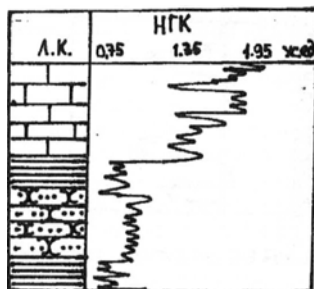


Рис.5. Использование кривой НГК для расчленения разреза

МЕХАНИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ

Механический каротаж - КВ - кавернометрия - измерение среднего диаметра скважины – $d_{\text{СКВ}}$. Кавернограмма - кривая, отображающая изменение d скважины с глубиной. По ряду геологических и технических причин $d_{\text{СКВ}}$ отличается от номинального, т.е. от диаметра долота. Диаметр скважины равен номинальному только напротив плотных карбонатных пород (изв, дол, плотн. песч.).

Увеличение $d_{\text{СКВ}}$ обычно наблюдается при пересечении скважиной глинистых пород, солей, за счет вымывания их буровым раствором (проникнуть в глинистый пласт бур. раствор не может, т.к. у глин субкапиллярная пористость, поэтому и происходит его вымывание). В результате вымывания, напротив пласта глин образуются большие полости - каверны.

Уменьшение $d_{\text{СКВ}}$ наблюдается напротив песчаных пород коллекторов за счет образования глинистой корки в результате про-

никновения в пласт-коллектор фильтрата бурового раствора. Глинистая составляющая бурового раствора накапливается на стенках скважины, уплотняется и образует глинистую корку, ее толщина увеличивается в процессе дальнейшей фильтрации, а диаметр скважины в этом интервале уменьшается.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ КВ:

1. Каверномер позволяет выделять в разрезе разные литологические типы пород: аргиллиты фиксируются по ярко выраженным кавернам, песчаники – по наличию напротив них «глинистых корочек», алевролиты характеризуются сужением диаметра скважины или частым изменением диаметра (рис.6).

2. Кавернограмма может фиксироваться в двух масштабах. Она изображается в одном столбце с электрическими методами. На каротаже кривая показана точками. Единицы измерения - сантиметры (см).

3. Линия каверномера, шкала для него в «шапке» копируется на миллиметровку зеленым цветом.

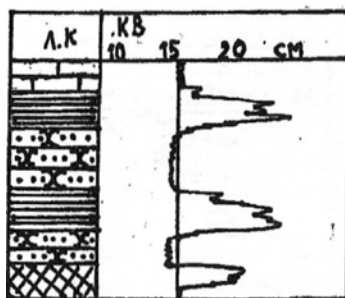


Рис.6. Использование кривой КВ для расчленения разреза

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ВЫДЕЛЕНИЕ В РАЗРЕЗЕ МАРКИРУЮЩИХ ПЛА- СТОВ И ОТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ

Литологическое расчленение разрезов скважин по данным ГИС, проведенных в 4-ми скважинах Гондыревского месторождения необходимо начать с выделения в разрезах отражающих горизонтов (ОГ) и маркирующих (реперных) пластов.

Маркирующий пласт (репер) - это установленный в результате бурения и выдержанный по площади и мощности пласт, резко отличающийся от выше и ниже лежащих отложений (по цвету, составу, текстуре и др.), служащий для сопоставления разрезов скважин.

Отражающий горизонт - это сейсмическая граница, выделяемая в разрезе на основании различия пород в скорости прохождения сейсмических волн. ОГ также служат для сопоставления разрезов скважин.

Маркирующие и отражающие границы хорошо фиксируются на каротажных диаграммах.

В разрезах скважин, вскрывших терригенные яснополянские отложения Гондыревской площади можно выделить два ОГ и три маркирующих пласта (репера).

1. Верхняя реперная граница - это ОГ Π^k соответствует кровле тульских терригенных отложений, отделяя их от тульских карбонатных. Граница отбивается по резкому падению сопротивления - происходит смена масштаба кривой КС. Происходит пересечение кривых ГК и НГК.

2. Второй реперный пласт - пачка глинистых известняков в терригенных отложениях тульского горизонта. Резко выделяется в разрезе по пику (мах вправо) кривой НГК. Разделяет тульские отложения на 2 пласта: $T_{л1}$ и $T_{л2}$. Мощность реперного пласта определяется от начала подъема до начала спада кривой.

3. Третий реперный пласт - граница между тульскими и бобриковскими отложениями. Репер сложен пачкой аргиллитов и приурочен к подошве тульского горизонта. Выделяется по каверне и повышенному значению кривой ГК, характерной для аргиллитов.

4. Четвертый реперный пласт - пласт аргиллитов, разделяющий бобриковский горизонт на 2 пласта. Выделяется по наличию двух больших каверн и соответствующим им отклонениям кривой НГК влево («два кармашка»). За репер берется нижняя каверна. Толщина пласта определяется по толщине каверны. Кроме каверномера можно использовать кривую ГК - она здесь отклоняется вправо. Разделяет бобриковские отложения на 2 пласта: Bb_1 и Bb_2 .

5. Нижний реперный пласт - ОГ Π^n - соответствует кровле

карбонатных отложений турнейского яруса. Это пласт аргиллитов в подошве визейского яруса, разделяющий яснополянские терригенные отложения и турнейские карбонатные. Репер выделяется по каверне, максимальным значениям кривых ГК и ПС и минимальному отклонению кривой НГК влево.

Выделенные границы служат для разделения визейской терригенной толщи на отдельные продуктивные пласты, разделенные непроницаемыми флюидоупорами.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

РАСЧЛЕНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН И СОСТАВЛЕНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ПО ДАННЫМ ГИС

После выделения реперных границ заполняется вся оставшаяся литологическая колонка, т.е. проводится литологическое расчленение разрезов скважин.

Расчленение продуктивной части разреза - это выделение слоев различного литологического состава, установление последовательности их залегания, и наконец, выделение коллекторов и непроницаемых разделов между ними.

Решение этих задач производится комплексом методов - геологических (отбор и изучение керна, шлама), геофизических и гидродинамических. Основное место занимают геофизические методы исследования, которыми в обязательном порядке исследуются все категории скважин, бурящихся на нефть и газ (поисковые, оценочные, разведочные и эксплуатационные). Данные геофизических исследований увязываются затем с результатами исследования керна, опробования скважин и параметрами, полученными в результате гидродинамических исследований скважин.

Расчленение разрезов скважин и составление литологической колонки проводится путем интерпретации комплекса промыслово-геофизических исследований: стандартный метод сопротивлений с ПС, кавернометрия, радиоактивные методы (НГК и ГК). Используя имеющуюся информацию, проводят выделение разных типов пород (песчаников, алевролитов и аргиллитов) в терригенном разрезе визейского яруса, разделение карбонатного и терригенного разрезов (табл.1).

Таблица 1

Характеристика литологического состава осадочных пород по данным геофизических исследований скважин

№	Порода	ПС	КС	ГК	НГК	Каверномер
1	Аргиллиты	Высокие показания	Низкие значения, близкие к показаниям сопротивления бурового раствора	Высокие показания	Низкие (особенно в случае увеличения $D_{скв}$) и средние показания	Увеличение диаметра скважины
2	Песчаники пористые	Минимальные показания	В основном средние; в нефтеносных пластах - высокие.	Низкие показания, увеличивающиеся с ростом содержания глинистого материала	Низкие показания	Сужение диаметра скважины, образование глинистой корочки
3	Алевриты	Меньшая амплитуда отклонения, чем против чистых песчаников	Сопротивление такое же как у пористых песчаников или несколько выше	Низкие и средние показания	Обычно пониженные показания как у пористых песчаников	Сужение диаметра скважины, частое изменение диаметра
4	Известняк глинистый	Повышенные показания	От 10 Ом и выше	Средние показания, обычно увеличиваются с содержанием глинистого материала	Средние и низкие показания	Номинальный диаметр
5	Известняки	Низкие показания	Высокие показания	Минимальные показания	Очень высокие показания	Номинальный диаметр

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ КОНДИЦИОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОРИСТОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

Основной задачей геолога после бурения скважины является выделение в разрезе пластов-коллекторов, имеющих промышленное значение. Только эти коллектора подлежат разработке, поскольку это рентабельно и экономически выгодно.

Для того чтобы разделить коллектор на промышленный и непромышленный необходимо обосновать минимальные - граничные значения пористости и проницаемости, при которых коллектор еще способен отдавать флюид. Такие граничные фильтрационно - ёмкостные свойства (ФЕС) называются **кондиционными**. Определение кондиционных значений позволяет выделить в залежи зоны распространения промышленно-значимых и непромышленных коллекторов (у которых ФЕС ниже кондиционных пределов). Зная это, все коллектора можно условно разделить на высокопродуктивные и низкопродуктивные. Это необходимо при проектировании разработки (при выборе способа заводнения, плотности сетки скважин), а также при подсчете запасов. Существует несколько способов определения кондиционных значений свойств коллекторов. В лабораторной работе будем выделять пласты коллекторы, имеющих кондиционные значения пористости по геофизическим характеристикам (метод двух опорных пластов - по кривой ГК).

Величину коэффициента открытой пористости ($K_{оп}$) в терригенных коллекторах можно определить по методам ПС и ГК. Эти методы позволяют определить глинистость разреза, а между глинистостью и пористостью установлены значимые корреляционные связи: $k_{оп} = f(C_{гл})$,

Для определения $K_{оп}$ по методу ГК используется зависимость между глинистостью и естественной радиоактивностью горных пород, по которой определяется двойной разностный параметр:

$$\Delta I\gamma = \frac{I\gamma^{пл} - I\gamma^{мин}}{I\gamma^{max} - I\gamma^{мин}}$$

Значения параметров для двух опорных пластов приведены ниже:

$I\gamma^{\min}$ - минимальное значение кривой ГК, против плотных известняков турнейского яруса (показания снимаются по меньшему масштабу кривой)

$I\gamma^{\max}$ - максимальное значение кривой ГК, против аргиллитов малиновского надгоризонта или тульского горизонта (показания снимаются по большему масштабу кривой).

В данной работе, $\Delta I\gamma$ уже задан и составляет 0,37 мкр/час, что соответствует коэффициенту открытой пористости 7%, т.е. это кондиционное - минимальное значение для терригенных коллекторов Гондыревского месторождения. Пласты, имеющие пористость менее 7% или значение $\Delta I\gamma > 0,37$, должны исключаться из разработки, т.к. имеют некондиционные значения пористости (повышенную глинистость).

Зная $\Delta I\gamma$ для данной толщи и $I\gamma^{\min}$, $I\gamma^{\max}$, можно рассчитать $I\gamma^{\text{пл}}$:

$$I\gamma^{\text{пл}} = 0,37 (I\gamma^{\max} - I\gamma^{\min}) + I\gamma^{\min}.$$

Расчет производить на обратной стороне каждой каротажки! Полученное значение $I\gamma^{\text{пл}}$ нанести на кривую ГК - определив, тем самым положение линии кондиционных значений. Полученная линия показывает, что справа от нее остались более глинистые породы (и коллектора со значением открытой пористости меньше 7%, не подлежащие разработке), а слева - породы коллекторы со значением пористости свыше 7% (промышленно значимые) Полученная толщина пластов полностью может быть учтена при подсчете запасов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА НАСЫЩЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ПЛАСТОВ-КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ**

После проведенного литологического расчленения в разрезах скважин выделены пласты-коллекторы. В качестве коллекторов могут быть приняты не только чистые разности песчаников, но и некоторые пласты алевролитов.

Внимание! В тех продуктивных пластах, где коллектора определить не удалось, необходимо выделить «пласты-аналоги», которые, как правило, представлены алевролитами с достаточно высокими значениями пористости по линии кондиционных значений. Однозначно, как коллектор, он не может быть определен. Пласты-аналоги необходимы для прослеживания проницаемых пропластков по площади.

Характер насыщения коллекторов можно определить по данным электрического каротажа: КС. Нефтенасыщенные пропластки песчаников имеют высокое сопротивление (> 10 Ом), тогда как водонасыщенный коллектор обладает низким сопротивлением, как правило, $< 8-10$ Ом (см. рис.2).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПОСТРОЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СХЕМЫ

Образование осадочных горных пород - есть результат сложных геологических (структурно-тектонических), физико-химических и гидрогеологических процессов. Итогом этих преобразований является послынное чередование в разрезе толщ различного возраста и разного литологического состава, имеющих соответственно и разные коллекторские свойства. Выявить это чередование можно с помощью корреляции.

Корреляция - выделение в разрезах скважин и прослеживание по площади одноименных пластов и горизонтов, выяснение условий их залегания, постоянства литологического состава и мощности с целью установления их одновозрастности. В зависимости от решаемых задач корреляция может быть:

Региональная - проводится в пределах крупных частей осадочных бассейнов, с целью расчленения разреза и выделения характерных для этой территории литолого-стратиграфических комплексов, а также крупных перерывов в осадконакоплении или несогласий.

Общая - проводится в пределах открытых месторождений, на стадии разведки. Цель - выявление и прослеживание в разрезах пробурен-

ных разведочных скважин одноименных стратиграфических комплексов, а в их пределах продуктивных толщ и разделяющих их маркирующих пластов.

Детальная - проводится для продуктивной части разреза на стадии подготовки месторождения к разработке или в процессе разработки.

Детальная корреляция решает задачу построения первичной статической модели залежи посредством выделения в разрезах скважин границ продуктивных пластов и геофизических реперов, определения характера изменчивости пласта по площади (наличие зон выклинивания, замещения), определения расчлененности горизонта на отдельные пласты и пропластки. Корреляция разрезов скважин проводится по разным признакам:

- Биостратиграфическим - по флоре и фауне, захороненной в осадках
- Хроностратиграфическим - по показателям, характеризующим одновременность образования пород (физико-химические свойства, геохимические и др.)
- Литогенетическим - литологический состав пород, их свойства.

Перечисленные выше признаки для проведения корреляции могут быть получены по данным промысловых геофизических исследований в скважинах (ГИС), а также с привлечением результатов исследования керна. Результаты детальной корреляции служат основой для построения структурных карт и геологических профилей, отображающих строение залежи.

ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕТАЛЬНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН

1 принцип - выявление и учет последовательности напластования пород, т.е. определение согласного или несогласного залегания слоев. Согласное - каждый вышележащий слой отлагался непосредственно на нижележащем. Несогласное - наличие в разрезе перерывов, несогласий, тектонических нарушений, что отражается в разрезе отсутствием некоторых отложений или повторением ниже или выше лежащих толщ.

2 принцип - взаиморасположение границ разновозрастных пластов, т.е. при небольших изменениях мощности, кровля и подошва пласта примерно параллельны; границы смежных пластов также примерно параллельны.

3 принцип - прослеживание в разрезе реперов и реперных границ.

4 принцип - ритмичность осадкообразования, т.е., последовательная смена пород разного литологического состава в зависимости от знака колебательных движений. Погружение суши - наступление моря (трансгрессия), или наоборот регрессия - отступление береговой линии. При трансгрессивном цикле грубозернистость пород растет вверх по разрезу, при регрессивном - уменьшается.

В данной работе предлагается выполнить детальную корреляцию для продуктивной части разреза яснополянских отложений Гондыревского месторождения. Горные породы, залегающие в разрезе месторождения располагаются в определенной последовательности, а именно имеет место чередование пластов с разным литологическим составом, коллекторскими свойствами и др. Выделение в разрезе и прослеживание по площади одноименных горизонтов и пластов, выяснение их выдержанности по простиранию, условий залегания, постоянства состава и мощности осуществляется с помощью **детальной корреляции**. Она проводится для продуктивной части разреза на стадии подготовки месторождения к разработке или в процессе разработки, и решает задачи построения первичной статической модели залежи посредством выделения в разрезах скважин границ продуктивных пластов и геофизических реперов, определения характера изменчивости пласта по площади (наличие зон выклинивания, замещения), определения расчлененности горизонта на отдельные пласты и пропластки. Сопоставление разрезов скважин в данной работе будет проводиться по литогенетическим признакам. К таким относят вещественный состав пород - песчаники, алевролиты, известняки и др.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СХЕМЫ:

1. Выбор линии привязки - за линию корреляционной привязки принимают в данной работе первую реперную границу в каждой скважине (интервал ОГ П^к). От линии корреляционной привязки, которую принимают за ноль, с интервалом 4 метра вычерчивают шкалу.

2. Расположение разрезов скважин на схеме - для построения корреляционной схемы необходимо выбрать опорный (эталонный) разрез. Опорным называется наиболее представительный, четко расчлененный разрез скважины, на котором четко хорошо выделяются все реперные пласты, представлена достаточная мощность разреза, выполнен полный комплекс ГИС. Все остальные скважины помещаются в произвольном порядке, с учетом наиболее близкого к соседним скважинам положения реперов. Выбранная опорная скважина вместе со стратиграфической колонкой помещается в левой части листа. На листе ватмана проводят горизонтальную линию привязки, вдоль которой на произвольных расстояниях наносят оси коррелируемых разрезов скважин.

3. Прослеживание кровли и подошвы реперов, разновозрастных пластов и пропластков - далее на ось каждой скважины наносят результаты литологического расчленения разреза в следующем порядке: интервалы залегания реперов, положение кровли и подошвы проницаемых пластов. Далее проводят последовательное сопоставление разрезов скважин с опорным, т.е. прослеживают и соединяют одноименные границы прямыми линиями.

При соединении границ пластов необходимо выполнять следующие условия:

а) линии, соединяющие кровли и подошвы пластов должны быть примерно параллельны ранее проведенным линиям, соединяющим границы реперов;

б) линии не должны пересекаться или иметь существенно другой наклон;

в) если в одной из скважин пласт сложен породой коллектором, которая в соседней замещается на неколлектор, то на половине

расстояния между этими скважинами вертикальной ломаной линией показывают условную границу фациального замещения (рис.7.А), также поступают, если замещается только часть пласта (рис.7.Б); если коллектор выявлен только в одной скважине и в соседних его нет, то рисуется выклинивание пласта (рис.7.В). Пласт показывается только на половину расстояния между скважинами.

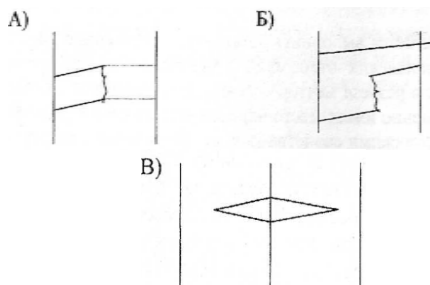


Рис.7. Пример выделения продуктивных пластов на корреляционной схеме

На рис.8. приведен пример выполнения детальной корреляции нижнекаменноугольных отложений

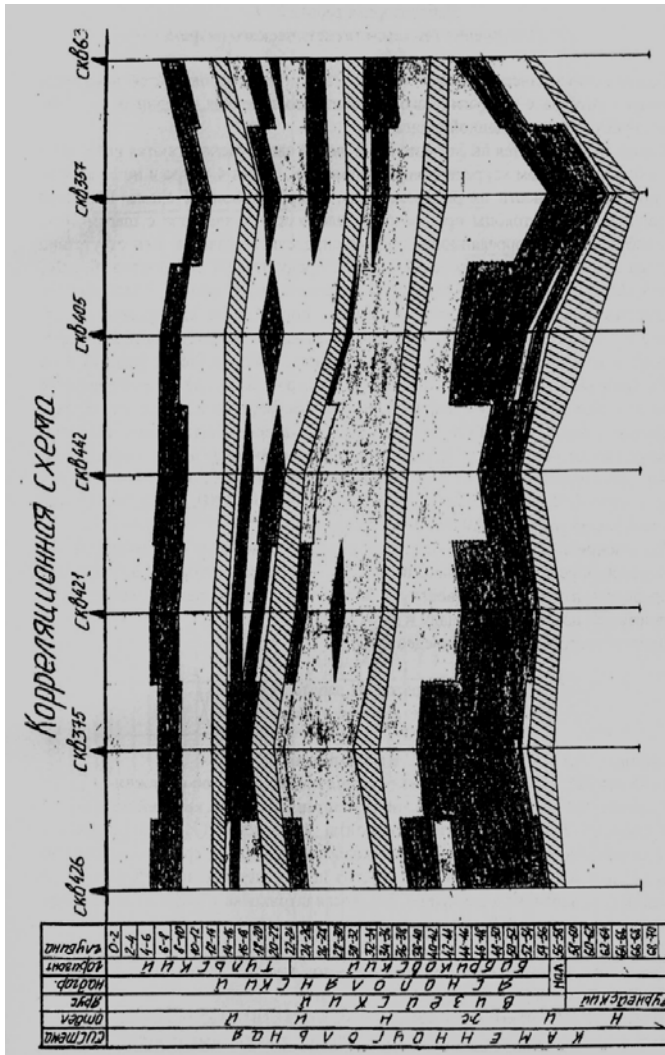


Рис.8. Детальная корреляция нижнекаменноугольных отложений

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГО-СТАТИСТИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА (ГСР)

Геолого-статистический разрез (ГСР) представляет собой кривую вероятностей появления коллектора в интервале продуктивного горизонта, построенную по данным разрезов скважин, пробуренных на изучаемой площади. Геолого-статистический разрез горизонта может быть построен в пределах залежи в целом или для крупного фрагмента залежи при нормальном залегании пластов, подтверждаемом относительно небольшими колебаниями значений его общей толщины в скважинах, а также при нормальном залегании пластов, но с закономерным изменением толщины горизонта в некотором направлении.

Геолого-статистический разрез строят следующим образом.

Разрезы продуктивного горизонта в его стратиграфических границах расчленяют по признаку коллектор — неколлектор и привязывают к корреляционной поверхности, принимаемой за горизонтальную плоскость

Границы между интервалами являются точками наблюдения. В каждой точке наблюдения устанавливают, какой породой — коллектором или неколлектором — представлен разрез в скважине на данной палеоглубине. Данные по всем скважинам представляют в виде графика, на оси ординат которого откладывают палеоглубину от корреляционной поверхности, а на оси абсцисс — долю скважин (%), в которых разрез на данной палеоглубине сложен коллекторами (рис. 9). В результате получают дифференцированную кривую, на которой максимумами отмечаются интервалы разреза, сложенные преимущественно коллекторами, и минимумами — интервалы, сложенные непроницаемыми породами. На геолого-статистическом разрезе, представленном на рис. 2, четко выделяются три пласта-коллектора: *a* — в интервале палеоглубин 1 — 2 м; *b* — в интервале 4 — 6 м; *в* — в интервале 7 — 14 м.

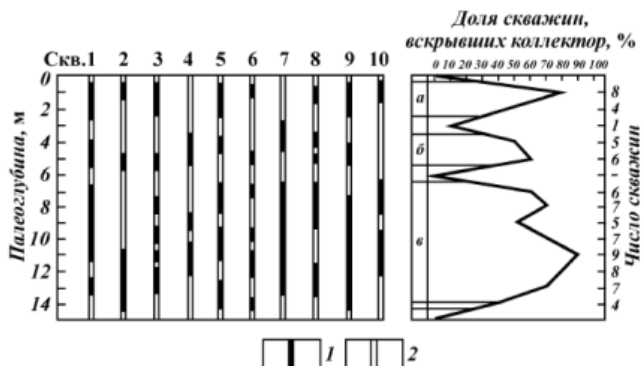


Рис. 9. Пример построения геолого-статистического разреза.
 Порода: 1 — коллекторы, 2 — неколлекторы; а–в — индексы пластов

Все лабораторные работы оформить на миллиметровой бумаге формате А4 (каротажные кривые и ГСР), на ватмане формата А3 (корреляционная схема), на белых листах формата А4 (описательная часть), библиографический список.

В описательной части привести результаты проведения ГИС в скважинах, а именно, количество выделенных пластов-коллекторов и характер их насыщения по данным КС. При этом указывается число пластов. В работе приводится детальная стратиграфическая привязка выделенных продуктивных объектов. Определение глубин, толщин, насыщенности и других параметров пластов и пропластков.

В приложении 1 дан пример оформления титульного листа к работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО КУРСУ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Нефтегазогеологическое районирование.
2. Понятие о кондиционных значениях пористости и проницаемости.
3. Понятие о неоднородности. Необходимость изучения неоднородности.
4. Микронеоднородность и макронеоднородность. Коэффициенты макронеоднородности (расчлененности, песчанистости, распространения коллектора). Общая, эффективная и нефтенасыщенная толщины.
5. Понятие о корреляции разрезов скважин. Типы корреляции. Исходная геологическая информация.
6. Основные принципы корреляции разрезов скважин (последовательность напластования; взаимное расположение границ пластов; выделение реперов и реперных границ, ритмичность осадконакопления).
7. Понятие о пластовом и забойном давлении.
8. Аномально высокие пластовые давления. Причины возникновения АВПД в недрах.
9. Природа пластовых температур. Геотермический градиент. Геотермическая ступень.
10. Классификация скважин.
11. Стадии разработки месторождения. Основные показатели процесса разработки (понятия).
12. Понятие о природном режиме залежи. Источники пластовой энергии в нефтяных и газовых залежах. Режимы вытеснения и истощения в нефтяных залежах.
13. Понятие о природном режиме залежи. Факторы, влияющие на формирование режима в залежи.
14. Водонапорный режим в нефтяных залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).
15. Упруговодонапорный режим в нефтяных залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).

16. Газонапорный режим в нефтяных залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).

17. Режим растворенного газа в нефтяных залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки- график).

18. Гравитационный режим в нефтяных залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).

19. Газовый режим в газовых залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).

20. Упруговодонапорный режим в газовых залежах (геологические условия проявления, источник энергии, динамика показателей разработки - график).

21. Системы разработки залежей с искусственным заводнением. Классификация методов заводнения пластов.

22. Законтурное заводнение. Приконтурное заводнение. Геологические условия применения.

23. Внутриконтурное заводнение (тип - разрезание на блоки).

24. Внутриконтурное заводнение (тип - площадное).

25. Внутриконтурное заводнение (тип - избирательное, очаговое, головное, барьерное).

26. Понятие об эксплуатационном объекте и объекте разработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. *Жданов М.А.* Нефтегазопромысловая геология и подсчет запасов нефти и газа: Учеб. для вузов.: Недра, 1981..453 с.
2. *Каналин В.Г.* Справочник геолога нефтегазоразведки. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.
3. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология / Каналин В.Г., Вагин С.Б., Токарев М.А., Ланчаков Г.А., Пономарев А.И. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006.372 с.
4. *Иванова М.М.* Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П. М.: Недра. 1985.368 с.
5. Нефтегазопромысловая геология / Иванова М.М., Чоловский И.П., Брагин Ю.И. М.: Недра. 2000.420 с.

Дополнительная литература

6. Спутник нефтегазопромыслового геолога. Справочник под редакцией Чоловского И.П. М.: Недра. 1989. 398 с.

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геологии нефти и газа

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ №1-6

Выполнил студент гр. ГНГ

Проверил

Санкт-Петербург

2020

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические основы геофизических исследований скважин	3
Лабораторная работа №1	12
Лабораторная работа №2	14
Лабораторная работа №3	16
Лабораторная работа №4	18
Лабораторная работа №5	18
Лабораторная работа №6	24
Контрольные вопросы для самопроверки	26
Библиографический список	28
Приложение	29

НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.02*

Сост. *О.Е. Кочнева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геологии нефти и газа

Ответственный за выпуск *О.Е. Кочнева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 24.01.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,7. Усл.кр.-отт. 1,7. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 75 экз. Заказ 30. С 9.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2