**Практическая работа Nº 1**

***Технология проведения геофизических исследований в скважинах***

Цель работы: изучить общую технологию проведения геофизических исследований в скважинах, ознакомиться с промыслово-геофизическим оборудованием для проведения исследований.

**Общие сведения о ГИС**

Геофизические исследования скважин (ГИС) - исследования и работы во внутрискважинном и околоскважинном пространствах, выполняемые приборами на кабеле.

*Скважина* - это горная выработка цилиндрической формы. Пробуренная вертикально или под углом возможно даже переходящая, в горизонтальную. Диаметр скважины очень мал по сравнению с её длиной. Методы ГИС отличаются большим разнообразием и используют все виды физических полей (электрические, электромагнитные, тепловые, ядерных излучений, гравитационные, механических напряжений и пр.). К ГИС относят, прежде всего - каротаж.

*Каротаж* - это технология по исследованию разрезов скважин

геофизическими методами в около скважинном пространстве.

Каротаж основан на измерениях параметров физических полей по стволу скважины. Целью измерений является изучение свойств разбуренных горных пород и выявление продуктивных и перспективных на нефть и газ интервалов пород с последующей оценкой содержания в них углеводородов.

Однако, окончательный результат геофизических исследований должен быть представлен не теми физическими свойствами, которые изучаются геофизическими методами, а такими параметрами, как пористость, проницаемость, глинистость пород, коэффициентом водонасыщения или нефтегазонасыщения исследуемого пласта и т.п.

Оценка этих свойств и составляет один из важнейших этапов процесса интерпретации геофизических данных - этап комплексной или геологической интерпретации.

В настоящее время активно развивается комплексная интерпретация данных сейсмической разведки с опорой на результаты ГИС.

ГИС являются частью исследований и работ в скважинах составляя их основной объём.

Результаты геофизических исследований и работ в скважинах являются одним из основных видов геологической документации скважин, бурящихся для поисков, разведки и добычи нефти и газа.

По данным ГИС осуществляется подсчёт запасов нефтяных и газовых залежей и определяется степень их выработки. Они обеспечивают геологический, технический и экологический мониторинг эксплуатации месторождений и выполнение природоохранных задач.

**Оборудование для геофизических исследований скважин**

Геофизические исследования в скважинах проводят с помощью специальных установок, которые включают наземную и скважинную аппаратуру, соединённую между собой каналом связи - геофизическим кабелем, а также спуско-подъёмный механизм, обеспечивающий перемещение скважинных приборов по стволу скважины. Эти установки называют *автоматическими каротажными станциями*.

Станции в основном являются самоходными и смонтированы на двух автомобилях повышенной проходимости.

Наземная аппаратура, включающая совокупность измерительной аппаратуры, источников питания, контрольных приборов, скомпонованная в виде отдельных стендов, смонтированных в специальном кузове, установленном на шасси автомобиля, называется *лабораторией каротажной станции*, а автомобиль, оборудованный спускоподъёмным механизмом (лебёдкой) и вспомогательными устройствами, - *подъёмником*.

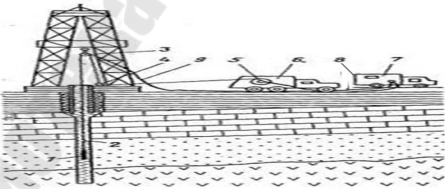
Под *скважинной геофизической аппаратурой* понимают комплекс измерительных устройств, предназначенных для определения различных физических параметров. В состав скважинной аппаратуры входит скважинный прибор и наземный блок, включающий регистрирующий прибор и источник питания. Спуск и подъём скважинного прибора осуществляется с помощью лебёдки подъёмника, геофизического кабеля, блок-баланса. Для подсоединения измерительной цепи лаборатории к жилам кабеля на лебёдке устанавливается коллектор лебедки.

Блок-баланс предназначен для направления кабеля с присоединённым прибором в скважину и состоит из направляющего и подвесного роликов.

Геофизический кабель объединяет в себе механическую и электрическую линии связи между скважинным прибором и наземными блоками геофизической аппаратуры. С помощью кабеля осуществляются спуско-подъёмные операции со скважинными приборами, питание их электрическим током, передача измерительной информации в наземные блоки, определение глубины нахождения скважинного прибора.

Для определения глубины нахождения, скорости перемещения прибора по скважине и натяжения кабеля применяют датчики глубины, натяжения кабеля с помощью электромагнитных меток на кабеле регистрируемых электронными устройствами наземной панели.

Схема установки для проведения ГИС показана на рисунке:



К кабелю 2, намотанному на барабан лебедки подъемника 6, подсоединяется скважинный прибор 1, в котором находятся датчики и электронные узлы. Прибор опускают в скважину через направляющий блок 4 и блок-баланс 3. Выполняя грузонесущие функции, кабель 2 служит также для подачи питания и сигналов управления к скважинному прибору и передачи информации на поверхность. Кабель соединен с геофизической лабораторией 7 через соединительный провод 8.

Полевой информационно-измерительный комплекс, включающий подъемник и лабораторию, называют каротажной станцией.

**Технология геофизических исследований скважин и работ**

Технология геофизических исследований скважин включает следующие этапы:

• первичную, периодические и полевые калибровки скважинных приборов;

• проведение подготовительных работ на базе геофизического предприятия и непосредственно на скважине;

• проведение геофизических исследований и работ в скважинах;

• первичную обработку данных, оценку их качества;

• сдачу-приёмку отчётных материалов, содержащих файлы первичных данных контрольно-интерпретационной партии (КИП) геофизического предприятия;

• архивацию материалов и передачу данных ГИС в промыслово-геофизический отдел для интерпретации и выдачи заключения.

**Калибровка скважинных приборов**

Калибровка - совокупность операций контроля пригодности аппаратуры для проведения исследований в скважине и контроль параметров измерительной системы.

К проведению скважинных исследований допускают только каротажные станции и скважинные приборы, прошедшие калибровку в метрологической службе геофизического предприятия. Калибровку выполняют с использованием технических средств, указанных в эксплуатационной документации на приборы и оборудование, в соответствии с требованиями действующих стандартов.

Первичную калибровку выполняет изготовитель скважинных приборов и наземного оборудования.

Периодическая калибровка приборов проводится на базах геофизических предприятий с использованием калибровочных установок с периодичностью, указанной в эксплуатационной документации на приборы и оборудование.

Полевые калибровки скважинных приборов выполняют перед каждым спуском и после каждого подъёма приборов из скважины, если это предусмотрено эксплуатационной документацией.

**Подготовительные работы**

Перед проведением ГИС подготовительные работы проводят на базе геофизического предприятия (производителя работ) и непосредственно на скважине. Перечень работ каротажной партии на базе геофизического предприятия включает:

• получение наряд-заказа на геофизические исследования и работы, форма и содержание которого согласованы между геофизическим предприятием и недропользователем;

• ознакомление с геофизическими и геологическими материалами по исследуемой скважине, необходимыми для выполнения ряда работ (например: привязки к разрезу интервалов отбора керна, опробований);

• получение скважинных приборов, источников радиоактивных излучений, проверку их комплектности и исправности;

• запись файлов периодических калибровок и сведений об исследуемом объекте в базу данных каротажного регистратора.

По прибытию на скважину персонал каротажной партии выполняет следующие подготовительные операции:

• проверяет подготовленность скважины к проведению ГИС, подписывает акт о готовности скважины к производству геофизических исследований и работ;

• проверяет правильность задания, указанного в наряд-заказе и при необходимости уточняет его с представителем недропользователя;

• устанавливает каротажный подъёмник в 25-40 м от устья скважины, надежно его закрепляет, крепит датчики натяжения и глубины (в зависимости от конструкции подъёмника);

• устанавливает лабораторию в 5-10 м от подъёмника таким образом, чтобы из её окон и двери просматривались подъёмник и устье скважины;

• заземляет лабораторию и подъёмник;

• выполняет внешние соединения лаборатории и подъёмника между собой силовым и информационными кабелями;

**Комплекс геофизических исследований скважин**

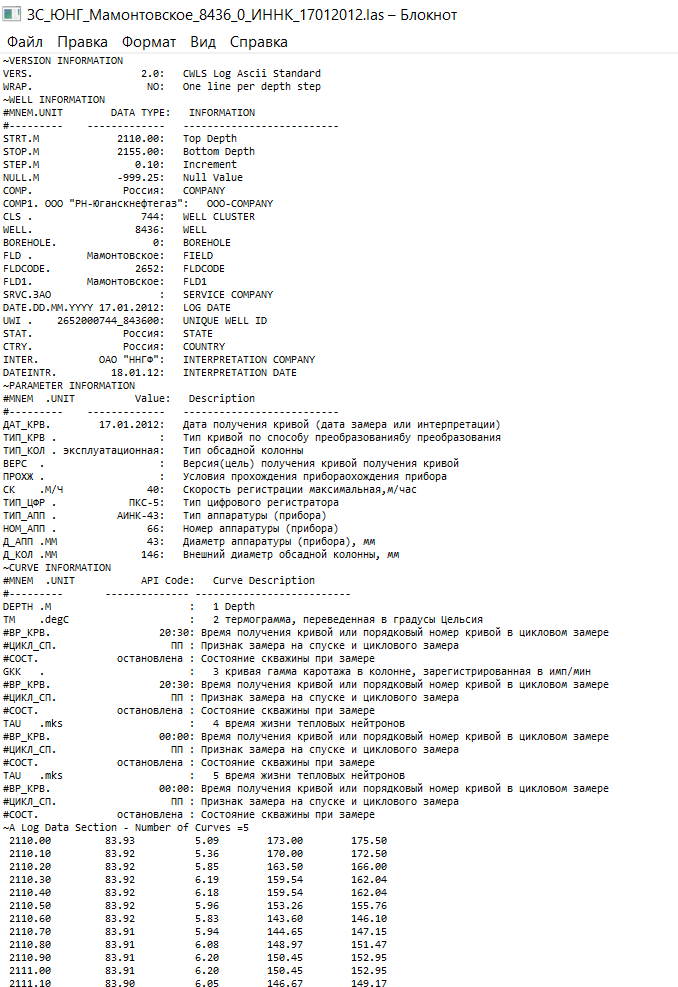
Понятие «комплекс ГИС» рассматривается как единая система геофизических исследований скважин, включающая в себя:

• набор (перечень) видов каротажа, необходимых для решения всех геологических задач в конкретных геолого-технических условиях;

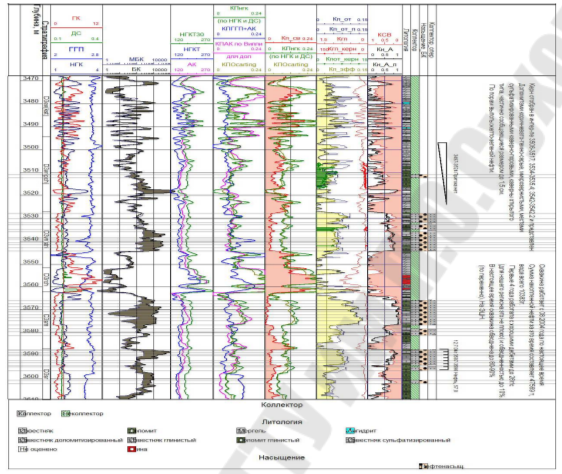
• технологию проведения ГИС (этапность исследований, последовательность измерений, условия подготовки скважин и аппаратуры);

• методики обработки первичных материалов и интерпретации данных ГИС, включая обоснование достоверности результатов интерпретации.

Результаты исследования ГИС получают в виде las-файлов , преобразовывают las-файлы в аналоговый вид (в виде кривых) и проводят интерпретацию данных ГИС с применением палеток, формул, графических построений и пр. Все это реализовано, например, в программно-технологическом комплексе «ПРАЙМ» и проводится на персональных компьютерах специалистам геофизиками-интерпретаторами.



Результаты выдаются в виде планшетов с исходными и расчетными кривыми и таблицы с количественными характеристиками выявленных пластов-коллекторов.

Наглядный пример результатов ГИС и результатов интерпретации данных ГИС приведен на рисунке: 

Действующий комплекс ГИС и методика его применения и интерпретации обеспечивают литологическое расчленение разреза, выделение проницаемых пластов, оценку характера насыщения коллекторов, контроль технического состояния ствола скважины и другие вопросы, решаемые при проведении геологоразведочных работ на углеводородное сырье.

**Задачи ГИС**

Исследование разрезов, уточнение геологической модели строения осуществляется с помощью геофизических исследований (каротажа). Различают несколько видов каротажа, которые основаны на измерении различных физических полей и параметров в скважине: электрические методы каротажа - ПС, КС, БКЗ, БК, БМК, микрозондирование и др.; электромагнитные методы каротажа - ИК, ДК, ВИ-КИЗ и др.; радиоактивные методы - ГК, НГК, ГГК, инк, инк-С/О и др., а также геохимический, термо- и акустический каротажи, инклинометрия, и т.д. В ГИС используются около 450 специальных терминов для характеристики геофизических исследований скважин, геолого-технических исследований в процессе бурения, по вторичному вскрытию пластов и интенсификации притока жидкости.

1. Решение задач общего характера, а именно:

а) расчленение горных пород, слагающих разрезы скважин по литологическим признакам, определение глубин залегания и толщин;

б) выделение пластов-коллекторов;

г) выделение реперов для корреляции разрезов скважин и последующее изучение строения месторождений по данным интерпретации результатов геофизических исследований;

д) стратиграфическое расчленение разрезов, определение и уточнение геологического возраста пород.

2. Решение задач детального исследования. К ним относятся: определение глинистости, коэффициентов пористости, проницаемости; определение коэффициентов нефте- и газонасыщенности продуктивных горизонтов; изучение состояния ствола скважины; изучение состояния обсадных колонн и заколонного пространства и ряд других задач.

3. Контроль, за разработкой нефтяных и газовых месторождений, который включает комплекс геофизических исследований в действующих и контрольных (пьезометрических) скважинах, размещенных в пределах эксплуатируемых залежей для изучения процесса вытеснения нефти в пласте и закономерностей перемещения линий водонефтяного, газонефтяного и газоводного контактов.

4.Изучение технического состояния скважин. Это изучение проводится на всех этапах бурения скважины и в процессе эксплуатации. Во время бурения инклинометром определяют искривление ствола скважины и задают направление бурения, каверномером определяют диаметр скважины, резистивиметром и термометром - места поступления жидкости из пласта в скважину. В процессе эксплуатации выявляются места нарушения герметичности колонн, герметичности цементного кольца, нарушения сцепления цемента с колонной и породой, которые вызывают затрубную циркуляцию жидкости.

5. К геофизическим исследованиям скважин принято также относить прострелочно-взрывные работы, опробование пластов, отбор керна боковыми грунтоносами, перфорацию колонн при вскрытии пластов, торпедирование. Все эти задачи решает промысловая геофизика и еще ряд других, к примеру, прихват буровой колонны и прочее.

Но все-таки основной задачей промысловой геофизики является определение продуктивности горизонтов, определение их пористости, проницаемости и т. п. Для решения этой задачи проводится:

1. Индивидуальная интерпретация диаграмм каждого геофизического метода в отдельности с целью выделения в разрезе скважин пород с различной геофизической характеристикой и определение их физических свойств.

2. Комплексная интерпретация диаграмм различных параметров по отдельным скважинам с целью составления геологического разреза скважин, выделения и промышленной оценки полезного ископаемого.

3. Обобщающая интерпретация данных промысловой геофизики по площади, в результате которой составляются геолого-геофизические разрезы, устанавливается геологическое строение площади, характер литологической изменчивости пород, условия залегания полезных ископаемых.

4. Для такой обоснованной интерпретации необходимо знать:

а) физические свойства горных пород и буровых растворов;

б) зависимость измеряемых параметров от этих свойств;

в) методику перехода параметров, измеряемых в скважине, к физическим свойствам горных пород;

г) совокупность физических свойств пород и измеряемых параметров, позволяющих однозначно определять породы, пройденные скважиной и выявлять в них полезные ископаемые (нефть, газ, уголь, соль, воду и др.), а также методику решения этих задач на основании комплексного геологического и геофизического исследований разрезов скважины;

д) зависимость конфигурации кривых измеряемых параметров от условий залегания пород, отличающихся друг от друга физическими свойствами, толщиной и порядком чередования;

е) способы определения коэффициентов пористости, проницаемости, нефте-газонасыщенности по данным геофизических методов исследования скважин;

ж) приемы обобщающей интерпретации диаграммных материалов с целью изучения структурно-фациальной изменчивости продуктивных горизонтов и выяснения строения месторождений (залежи) полезных ископаемых.

**Краткие сведения об основных методах ГИС**

Методы электрометрии определяют характер насыщения. Через сопротивление жидкости насыщающей горную породу. Чем больше сопротивление, тем меньше проводимость. Нефть непроводник. Вода хороший проводник. Соответственно нефть имеет большое сопротивление, вода малое. Глины также имеют малое сопротивление, т.к. полностью насыщены водой.

Методы: БК, МБК, ИК, БКЗ, ВИКИЗ (высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование), РЗ (резистивиметр).

Резистивиметр это тоже метод сопротивления, но он определяет сопротивление жидкости, находящейся в скважине.

Радиоактивные методы: ГК, НГК, ННКІ, ГГКп, ЛПК, СГК(спектрометрический гамма-каротаж) ЯМК (ядерно-магнитный каротаж) ГК-гамма каротаж (применяется в открытом и закрытом стволе)

**Решаемые задачи:**

1) определение глинистости (чем выше показания ГК, тем больше глинистость);

2)контроль технического состояния скважины, контроль за разработкой месторождения. Методом временных замеров - при замерах через некоторое количество дней, например ГК и ГК1, если есть расхождение, значит возможно, наличие перетока или обводнения;

3)привязка по глубине, по реперам и стратиграфическим разбивкам. Реперами являются глинистые пласты.

Радоновый метод - исследование технического состояния скважины. В раствор добавляют радон, который пройдет в горную породу через перфорированные отверстия и нарушения в колоне, после чего промывают скважину и делают замер ГК. По повышенным показаниям ГК увидят где нарушение.

НГК, ННКт - определяет пористость, т. е. водородосодержание в породе.

ГГКп - замеряет плотность горных пород и через уравнение вычисляется пористость. Зная скелетные значения плотности пород соответственно литологии.

ГГКп - также применяется для контроля технического состояния скважины. Контролируется плотность цементного кольца. Условие измерения - плотное прилегание к стенке скважины.

ЛПК - болеее детальное расчленение по литологии и плотности, также определяем пористость, через плотность.

СГК - детальное разделение глинистого состава на спектры - уран, торий, калий. Выявление коллекторов с повышенными показаниями ГК не связанных с глинистостью.

АК в открытом стволе - определяет пористость литологию, сейчас уже прибором ВАК-8, а вдруг они будут работать в заруб (волновой акустический каротаж восьмиканальный) - определяется структура порового пространства горных пород.

Есть предложения определять проницаемость, насыщение. Но расчеты пока еще не совсем совершенны. То есть результаты не очень достоверны. Но над этим работают.

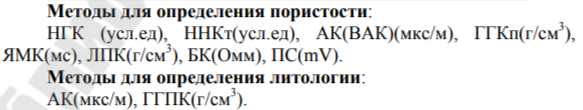
АК в колонне - применяют для контроля технического состояния скважины. Метод АКЦ - (акустический цементомер) определяет пустоты, разрушения цементного кольца.

ИННК - определяет положение ВНК, ГНК, ВГК и характер текущего насыщения через колонну и в открытом стволе.

Стандартный (обязательный) комплекс он же рациональный применяемый на месторождениях Белоруссии в открытом стволе включает в себя: ГК, ННКт, НГК, ГГП, БК, МБК, АК (ВАК), КВ - профилемер, инклинометрия.

При разработке известных месторождений с аномальной естественной гамма активностью, стандартный комплекс дополняют методом СГК.

Комплекс методов для контроля за техническим состоянием скважины в колонне: ГК, ЛМ, АКД, ГГДТ (гамма-гамма-дефектометрия и толщинометрия), термометрия, САТ (скважинная акустическая телеметрия), ОГЦ (отбивка головы цемента), ИННК, электромагнитная и магнито-импульсная дефектоскопия, резистивиметрия, инклинометрия, дебитометрия на притоке, на закачке.



Методы для определения характера насыщения:

БК (характеризует сопротивление г.п. в Омм), МБК(Омм), ИК (проводимость Сим, для дальнейшей интерпретации переводится в Омм), ВИКИЗ(Сим, аналогично ИК), ИННК (мкс), ЯМК (мс).

Методы для определения глинистости: ГК, СГК, ПС, ЯМК.

**Контрольные вопросы**

1. Определение ГИС.
2. Скважина.
3. Каротаж.
4. Цель применения ГИС.
5. Что понимают под скважинной геофизической аппаратурой?
6. Этапы технологии ГИС.
7. Подготовительные работы к проведению ГИС.
8. Калибровка
9. Что вы понимаете под комплексом геофизических исследований скважин?
10. Задачи ГИС.
11. Перечислите основные методы ГИС и единицы измерения.
12. Перечислите методы для определения глинистости единицы измерения.
13. Перечислите методы для определения характера насыщения и единицы измерения.
14. Перечислите методы электрометрии и единицы измерения.
15. Перечислите радиоактивные методы их назначение и единицы измерения.
16. Назовите стандартный комплекс ГИС применяемый в открытом стволе и назначение методов.
17. Перечислите методы для контроля, за разработкой месторождения.
18. Перечислите методы для контроля технического состояний скважины.
19. Первоначальный вид результатов ГИС.
20. Перечислите методы (с единицами измерения), для определения пористости.

***Практическая работа Nº 1 считается защищенной в случае полного ответа студентом, письменно, на все 20 вопросов.***