МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**Гамма-каротаж. Литологическое расчленение разреза и оценка
глинистости коллекторов скважины №1 Лиманской площади**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Кяримова Максима Рашидовича

Научный руководитель

Ассистент кафедры

подпись, дата

В.В. Тимофеев

Зав. кафедрой

К.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2025

Введение. Радиоактивные методы исследования скважин по числу методов и их модификаций, объему и важности решаемых задач на всех этапах поиска, разведки и освоения, разработки и эксплуатации месторождений нефти и газа, а также контроля технического состояния скважин занимают особое положение в комплексе методов ГИС. Эти методы подразделяются на пассивные (методы регистрации естественных излучений) и активные (методы регистрации излучений, возникающих при облучении специальными источниками, помещенными в скважинном приборе). Радиоактивные методы исследований в скважинах направлены на изучение радиоактивных свойств пород. Значительная дифференциация горных пород по их радиоактивным свойствам позволяет широко использовать радиоактивные методы для расчленения разрезов скважин, изучения коллекторских свойств пород и выделения полезных ископаемых.

Актуальность работы состоит в том, что гамма-каротажи применяют для решения различных задач, а именно: выделения в разрезах скважин местоположения полезных ископаемых, отличающихся пониженной или повышенной гамма-активностью; литологического расчленения и корреляции разрезов осадочных пород; выделения коллекторов; оценки глинистости пород; массовых поисков радиоактивного сырья.

Целью бакалаврской работы является изучение теоретических основ гамма – каротажа, интерпретация и обработка данных. Изучение области применения метода гамма – каротажа.

Задачей бакалаврской работы является интерпретация диаграммы гамма – каротажа по литологическому расчленению разреза и по определению коэффициента глинистости. Объектом исследования является Лиманская площадь, скважина №1, Саратовское Поволжье.

Выпускная квалификационная работа состоит из трех глав:

1. Общие сведения о районе работ
2. Радиоактивный каротаж
3. Результаты работ

Основное содержание работы. Лиманская площадь в административном отношении находится в Саратовской области. Наиболее крупными близлежащими населенными пунктами являются сёла Черебаево, Кривой Яр, Береговое и районный центр поселок Ровное, расположенный севернее от площади работ. В орографическом отношении площадь расположена в пойменной части реки Волги. В строении рельефа принимают участие пески и глины неогенового возраста, перекрытые четвертичными суглинками и песками, которые впоследствии подвергались активным эрозионным процессам, сформировавшим широкую сеть оврагов и балок.

В геологическом отношении Лиманское месторождение расположено во внешней части бортовой зоны Прикаспийской впадины. В ходе дальнейших геологоразведочных работ на площади был вскрыт разрез осадочных отложений от четвертичных до среднедевонских включительно.

Исследуемая территория в тектоническом отношении расположена во внешней части бортовой зоны Прикаспийской впадины (ПВ), которая является прекратной частью древней Восточно-Европейской платформы.

В рассматриваемой части бортовой зоны Прикаспийской впадины установлена промышленная нефтегазоносность данково-лебедянских, малевско-заволжских, радаевских, черемшано-прикамских, сакмаро-артинских осадков. Разновозрастные границы ПВ проводятся по смене мелководных фаций на одновозрастные глубоководные. Наиболее древняя граница впадины проводится по верхнефранскому карбонатному уступу, который протрасирован по материалам сейсморазведки и бурения. На рассматриваемом участке бортовой зоны ПВ положение этого уступа трассируется неуверенно и является дискуссионным. В послефранское время границы ПВ постоянно менялись, как правило, отступая в сторону бассейна, т.е. регрессируя. В разрезе бортовой зоны выделяется 6 тектоноседиментационных циклов первого порядка, разделённых региональными стратиграфическими и угловыми несогласиями.

Коллекторами в девонской терригенной толще являются песчано-алевролитовые породы, часто окварцованные, переслаивающиеся с

пропластками плотных, непроницаемых глинисто-аргиллитовых пород. Тип коллекторов поровотрещиноватые и гранулярные.

Газоконденсатные залежи установлены в воробьевском, ардатовском и палийском горизонтах. Общая толщина песчаных коллекторов воробьевского горизонта изменяется от 25м до 38.8м, а эффективная от 5,3 до 11,7м, проницаемость по материалам исследования скважин 8,32 мдарси. Дебиты газа 5-104 тыс м³/сут. При пластовом давлении 550 атм. В ардатовском горизонте газоконденсатные залежи вмещают два неоднородных песчано-алевролитовых пласта, общая и эффективная мощность которых, колеблется от 0.8 до 12,4 м. Открытая пористость составляет 13.4%. Высота залежи пласта ардатовского возраста - 44м, абсолютно свободный дебит газа 325тыс м³/сут, начальное пластовое давление – 540 атм. Из песчаников палийского горизонта также получены промышленные притоки газоконденсата. Коллекторы имеют общую мощность 87м, эффективную 28,3м, открытую пористость 13%, эффективную 7,4%.

Питание рек осуществляется за счет талых снеговых вод, дождей и грунтовых вод. Преобладают талые воды, так что речная сеть наполняется водой лишь в период весеннего половодья, которое наступает здесь около 2-декады апреля. При этом средний слой стока в это время составляет всего от 20 до 60 мм. Тем не менее, заполняются водохранилище и пруды, вода из которых используется на хозяйственно-бытовые нужды и для орошения.

В Заволжье ресурсы поверхностных вод незначительны и не покрывают все нужды населения и производства. Недостаток восполняется ресурсами подземных вод.

Методика исследования. Геофизические методы изучения геологического разреза скважин, основанные на измерении характеристик полей ионизирующих излучений (естественных и искусственно вызванных), происходящих в ядрах атомов элементов, называют радиоактивным каротажем (РК)

В скважинах, обсаженных стальными обсадными колоннами,

электрический каротаж не работает. Этому мешает экранирующий эффект металлических обсадных колонн. В обсаженных скважинах исследовать нефтяные пласты можно только с помощью геофизических методов, для которых металлическая обсадная колонна не является преградой, не пропускающей через себя сигналы, несущие информацию об объекте, находящийся за колонной. К ним относятся разновидности радиоактивного каротажа и акустического каротажа.

Радиоактивные методы каротажа (ядерные исследования) основаны на том, что все горные породы содержат радиоактивные вещества в тех или иных количествах. Если в скважинах производить определения естественной или искусственно вызванной радиоактивности, то на основании полученных данных можно охарактеризовать литологический состав и физические свойства пластов, составляющих разрез скважины.

Гамма – каротаж (ГК) позволяет проводить измерения интенсивности естественного γ - излучения пород вдоль ствола скважины. Интенсивность радиоактивного излучения пород в скважине измеряют при помощи индикатора γ - излучения, расположенного в глубинном приборе.

При исследовании гамма - методом в скважину опускают прибор, который содержит детектор гамма-излучения и электронную схему, показанную на рисунке 5 и служащую для питания индикатора, усиления его сигналов и передачи их через кабель на поверхность. Часто используют многоканальные приборы, регистрирующие одновременно диаграммы гамма-метода и нейтронного гамма – метода.

Аппаратура для различных радиоактивных методов исследования имеет много общего. Основная функция её — измерение интенсивности нейтронов или гамма - квантов, и потому она содержит электронные схемы для различных методов исследования, базирующиеся, в общем, на одних и тех же принципах.

Счетчик Гейгера (также известный, как счетчик Гейгера – Мюллера) – один из наиболее распространенных газонаполненных детекторов частиц,

действие которого основано на возникновении самостоятельного электрического разряда в газе при попадании частицы в его объем.

Сцинтилляционный счетчик, прибор для регистрации ядерных излучений и элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов, γ – квантов, мезонов и т. д.), основными элементами которого являются вещество, люминесцирующее под действием заряженных частиц (сцинтиллятор), и фотоэлектронный умножитель (ФЭУ).

Как известно, природный уран представляет собой смесь двух изотопов – ^{238}U (99.28 %) и ^{235}U (0.71 %). Среди продуктов их распада присутствует ряд гамма - излучающих изотопов, включая радий, с которым в основном, как принято считать на практике, связано все гамма-излучение природных урансодержащих образований.

Основное назначение гамма – каротажа – это выделение глинистых отложений по их высокой радиоактивности. Следует учитывать, что чистые (неглинистые) разности отложений могут содержать полевые шпаты, слюды, глауконит или тяжёлые минералы, которые увеличивают показания гамма – каротажа по сравнению с чистыми разностями песчаников.

Определение глинистости по гамма-каротажу основано на существовании корреляционной связи между глинистостью осадочных пород и их радиоактивностью.

С повышением радиоактивности глинистость пород закономерно увеличивается. Процесс включает следующие шаги: на диаграмме гамма-каротажа выделяют опорные пласты с минимальными и максимальными значениями интенсивности гамма-излучения. В качестве опорных пластов выбирают чистые песчаник или известняк с нулевой глинистостью (опорный пласт 1) и пласт глины (опорный пласт 2).

Определяют глинистость выделенных пластов-коллекторов. В качестве опорного горизонта чистых глин принимают мощные толщи глин, расположенные как можно ближе к пласту, для которого определяется глинистость.

Гамма-каротаж позволяет различать глины и аргиллиты, которые имеют высокую радиоактивность, и коллекторные породы, обычно имеющие более низкую радиоактивность. Метод не работает с некоторыми породами, например, с магматическими (например, долерит), осадочными, содержащими много органики, а также с песками и гравелитами, которые содержат радиоактивный элемент торий.

Применение гамма - каротажа целесообразно при разведке месторождений урана, тория, калийсодержащего сырья и других полезных ископаемых, обладающих повышенной радиоактивностью.

Результаты работ. Объектом исследования является скважина №1 Лиманской площади, Саратовское Поволжье. Глубина скважины (достигнутый забой) составляет 1810м. Исследования были выполнены с помощью прибора СРК №56 в интервале 1620-1810м. Пласты аргиллитов выделяются в интервалах 1638,2-1640м, 1646-1648,2м, 1654-1655м, 1671-1678м, 1680,2-1682м, 1686,2-1698м, 1699-1706м, 1713-1717м, 1718-1720м, 1727-1732м, 1739-1742м, 1745-1749м, 1754-1763м, 1766-1769м, 1770-1771м с максимальным отклонением кривой вправо.

Песчаники и известняки характеризуются наименьшими показаниями с отклонением кривой влево.

Известняки выделяются в интервале 1620-1638,2м. Интервалы 1641-1643м, 1650-1652м, 1655-1669м, 1698-1699м, 1706-1712м, 1721-1726м, 1733-1738м, 1742-1745м, 1749-1753м, 1777-1779м, 1780-1781,5м, 1782-1783м, 1784-1785м, 1786,2-1790м, 1791,8-1792м, 1793-1795м, 1797-1810м будут соответствовать чистому песчанику. Чем выше глиносодержание пород, тем более сильное отклонение вправо. Поэтому интервалы 1640-1641м, 1643-1646м, 1648,2-1650м, 1652-1654м, 1669-1671м, 1678-1680,2м, 1682-1686,2м, 1712-1713м, 1717-1718м, 1720-1721м, 1726-1727м, 1732-1733м, 1738-1739м, 1753-1754м, 1763-1766м, 1769-1770м, 1771-1773м, 1775-1777м, 1779-1780м, 1781,5-1782м, 1783-1784м, 1785-1786,2- 1790-1791,8м, 1792-1793м, 1795-1797м принадлежат глинистому песчанику.

Анализируя диаграмму можно сделать вывод, что в разрезе присутствует характерное переслаивание терригенных пород и увеличением глинистости в песчаниках.

Возможность использования данных ГК для количественной оценки глинистости основывается на существовании корреляционной связи между глинистостью осадочных пород и их радиоактивностью $q = f (C_{гл})$. С повышением радиоактивности глинистость пород закономерно увеличивается. В большинстве случаев эти зависимости носят нелинейный характер, поэтому диаграмму I_{γ} эталонируют с использованием значений интенсивности гамма-излучения в опорных пластах.

За опорные принимаются пласты с минимальными $I_{\gamma \min}$ (опорный пласт 1 - пласт с нулевой глинистостью) и максимальными $I_{\gamma \max}$ (опорный пласт 2 - пласт глин) показаниями на диаграмме гамма-каротажа.

За опорный горизонт чистых глин принимают мощные толщи глин, которые характеризуются максимальной интенсивностью $I_{\gamma \max}$ которые приведены на кривой ГК.

Для определения количественной оценки глинистости ($C_{гл}$) была взята диаграмма ГК Лиманской площади, скважина №1, Саратовское Поволжье.

Для каждого выделенного пласта провели расчет разностного параметра и определено значение $C_{гл}$. Полученные данные были записаны в таблицу 1.

Таблица 1 – Определение коэффициента глинистости по данным ГК

№	Интервал, м	$I_{\gamma \text{пл}}$	Расчет ΔI_{γ}	$C_{гл}$, %
1	1620-1638,2	3	$3 - 1,1/16,8 - 1,1=0,07*0,6$	7,26
2	1641-1643	3,5	$3,5 - 1,1/16,8 - 1,1=0,09*0,6$	9,17
3	1650-1652	1,2	$1,2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,004*0,6$	0,38
4	1655-1669	1,12	$1,12 - 1,1/16,8 - 1,1=0,001*0,6$	0,08

Продолжение таблицы 1

5	1698-1699	3,2	$3,2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,08*0,6$	8,03
---	-----------	-----	---------------------------------	------

6	1706-1712	1,12	$1,12 - 1,1/16,8 - 1,1=0,001*0,6$	0,08
7	1721-1726	1,2	$1,2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,004*0,6$	0,38
8	1733-1738	1,5	$1,5 - 1,1/16,8 - 1,1=0,02*0,6$	1,53
9	1742-1745	1,5	$1,5 - 1,1/16,8 - 1,1=0,02*0,6$	1,53
10	1749-1753	1,3	$1,3 - 1,1/16,8 - 1,1=0,01*0,6$	0,76
11	1777-1779	1,6	$1,6 - 1,1/16,8 - 1,1=0,02*0,6$	1,91
12	1780-1781,5	1,8	$1,8 - 1,1/16,8 - 1,1=0,03*0,6$	2,68
13	1782-1783	2	$2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,03*0,6$	3,44
14	1784-1785	1,7	$1,7 - 1,1/16,8 - 1,1=0,02*0,6$	2,29
15	1786,2-1790	1,2	$1,2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,004*0,6$	0,38
16	1791,8-1792	2	$2 - 1,1/16,8 - 1,1=0,03*0,6$	3,44
17	1793-1795	1,6	$1,6 - 1,1/16,8 - 1,1=0,02*0,6$	1,91
18	1797-1810	1,12	$1,12 - 1,1/16,8 - 1,1=0,001*0,6$	0,08

Можно сделать вывод, что в интервалах 1650-1652м, 1655-1669м, 1706-1712м, 1721-1726м, 1749-1753м, 1786,2-1790м, 1797-1810м глинистость песчаников минимальна и равна 0,008-0,76%.

Заключение. Во всех горных породах хотя бы в небольших количествах присутствуют радиоактивные изотопы, содержание которых в разных породах различно, поэтому посредством регистрации радиоактивных излучений в скважине можно судить о характере горных пород. Гамма – каротаж основан на измерении естественной гамма - активности горных пород.

Гамма – излучение представляет собой высокочастотное электромагнитное излучение, возникающее в результате ядерных процессов, и рассматривается как поток дискретных частиц (гамма – квантов). Работы проводят с помощью скважинных радиометров разных марок.

Гамма – каротаж является основным методом поисков и разведки урановых руд и калийных солей, применяется для литологического расчленения различных типов горных пород, выделения полезных ископаемых и корреляции разрезов скважин, сложенных терригенными отложениями,

дифференцируя последние по содержанию в них глинистого материала, что позволяет оценивать коллекторские свойства пластов в нефтяных, газовых и гидрологических скважинах.

В ходе написания бакалаврской работы были выполнены все поставленные задачи. Была проведена интерпретация диаграммы гамма – каротажа по литологическому расчленению разреза и по определению коэффициента глинистости. По результатам определения коэффициента глинистости в интервалах 1650-1652м, 1655-1669м, 1706-1712м, 1721-1726м, 1749-1753м, 1786,2-1790м, 1797-1810м глинистость песчаников минимальна и равна 0,08-0,76%.