

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Выделение продуктивных пластов и определение их петрофизических
характеристик по данным ядерно – физических методов (на примере
Красногвардейского месторождения)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
геологического ф-та
Солдаткина Максима Владимировича

Научный руководитель

К.г.-м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

Зав. кафедрой

К.г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2017

Введение. Геофизические методы исследования скважин (ГИС) стали основными при определении коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности горных пород, а также при подсчетах запасов нефти и газа.

В последние годы промыслово-геофизическая информация широко используется при проектировании разработки месторождений нефти и газа, а также при контроле и анализе процесса разработки, т.к. обеспечивает получение всех основных параметров, необходимых для подсчета запасов. Для определения подсчетных параметров в нашей стране и за рубежом используются многочисленные способы обработки геофизической информации. Значительная их часть физически обоснована и объективно учитывает реальные возможности геофизических методов и точность измерений геофизических параметров серийной аппаратурой. Их применение правомерно и дает надежную геологическую интерпретацию. Однако наблюдаются случаи недостаточного учета всей геолого-геофизической информации при интерпретации геофизических материалов и использования моделей коллектора и петрофизических связей, правильных по существу, но не соответствующих типу изучаемого коллектора. Это приводит к существенным ошибкам при оценке запасов нефти и газа.

Целью данной работы является выделение продуктивных пластов по данным ядерно-физическим методам (на примере Красногвардейского месторождения, которое расположено на южном погружении Бузулукской впадины)

В соответствии с поставленной целью, основные задачи были следующие:

1. Привести краткую геолого-геофизическую характеристику района работ;
2. Рассмотреть аппаратуру и теоретические основы методов ГИС, применяемые на изучаемой территории;

3. Привести результаты работ, полученные на исследуемой площади;

4. Проинтерпретировать полученные данные и определить петрофизические характеристики продуктивных пластов.

В работе представлены материалы, полученные автором в ходе прохождения производственной практики в ООО «НТЦ ГЕОТЕХНОКИН». Ниже представлены материалы ядерно-физических исследований скважин 1482, 1476 Красногвардейского месторождения, проведенные для оценки текущей нефтенасыщенности коллекторов комплексом ядерно-физических методов. В комплекс входили: гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), спектрометрических гамма-каротаж (СГК), импульсный нейтронный каротаж (ИНК) и спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГКС).

Основное содержание работы. В 1 разделе работы «Геолого-геофизическая характеристика изучаемой территории» дается литолого-стратиграфическая характеристика разреза Красногвардейского месторождения (подраздел 1.1), который представлен осадочными отложениями палеозойского возраста нижней каменноугольной системы в объеме серпуховского яруса, окского надгоризонта, тульского горизонта, бобриковского горизонта и турнейского яруса. Отмечается, что Красногвардейское месторождение находится в Бузулукской впадине и приурочено к Бобровско-Покровскому валу (подраздел 1.2). Бобровско-Покровский вал вытянут в широтном направлении на расстоянии свыше 150км. Сводовая часть его сравнительно широкая, участками достигает 20-30км. Общая конфигурация Бобровско-Покровского вала согласуется с очертаниями борта Мухано-Ероховского прогиба. При детальном рассмотрении особенностей Бобровско-Покровского вала, устанавливается, что осложняющие его локальные поднятия образуют более мелкие валообразные зоны, среди которых можно выделить, собственно Бобровско-Покровскую, примыкающей к приподнятой кромке южного борта Мухано-Ероховского прогиба, Танакыскую и др. Указывается, что промышленная нефтеносность (подраздел 1.3) установлена в карбонатных отложениях турнейского яруса (пласты Т1 и Т2). Обзорная схема расположения скважин на месторождении приводится на рисунке 1.

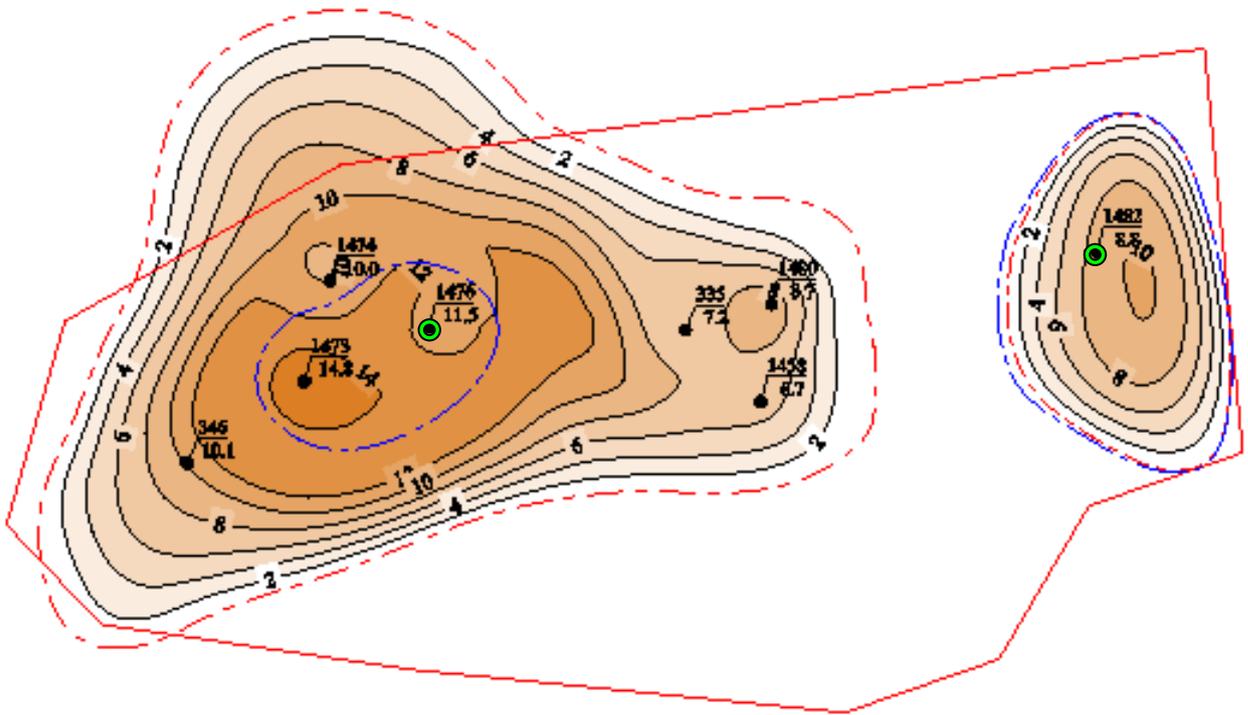


Рисунок 1 – Схема расположения скважин Ⓞ 1482, 1476
Красногвардейского месторождения.

В разделе 2 описывается методика промыслово-геофизических работ. Исследования проводятся с использованием спуско-подъемного оборудования промысловых геофизических партий, работающих на исследуемых месторождениях. Перед началом проведения С/О-каротажа (углеродно-кислородного каротажа) осуществлялась запись диаграммы интегрального ГК со скоростью 120–150 м/ч, которая использовалась для привязки интервалов исследований. По расхождению кривых С/О и Ca/Si представлялось возможным судить о насыщенности исследуемого коллектора. По расхождению кривых С/О и Ca/Si представлялось возможным судить о насыщенности исследуемого коллектора. Указанное положительное расхождение диаграмм, т. е. когда диаграмма Ca/Si располагается правее по отношению к диаграмме С/О, свидетельствует о нефтенасыщенности данного пласта, при их совмещении на - водонасыщенном пласте. Измерения на скважине проводятся в соответствии с технической инструкцией и технологической схемой, обеспечиваемой используемым регистратором (подраздел 2.1). При спуске прибора в скважину и проведении каротажа обязательному контролю подлежат стабильность приема данных и параметров питания аппаратуры. Описываются Физико-геологические основы методов ГИС (подраздел 2.2). При исследовании применялись

следующие методы: гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), спектрометрический гамма-каротаж (СГК), импульсный нейтронный каротаж (ИНК), спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГКС). Кратко рассмотрены теоретические сведения о каждом из методов.

Гамма-каротаж: При проведении гамма-каротажа записывается непрерывная кривая или диаграмма, на которой отображается интенсивность гамма-излучений, а также выявляются пласты разной радиоактивности. Гамма-метод, в сравнении с другими радиометрическими методами исследований скважин, является наиболее распространенным способом изучения естественной радиоактивности горных пород. В основе этого метода – изучение основных закономерностей изменения естественной радиоактивности горных пород, которая возникает в результате присутствия урана, тория и радиоактивного изотопа калия K_{40} . В процессе исследования скважин методом гамма-каротажа, в зависимости от интенсивности I_g естественного γ -излучения, которое регистрируется радиометром, движущимся по стволу скважины, судят о величине естественной радиоактивности горных пород.

Нейтронный гамма-каротаж: НГК основан на измерении характеристик поля γ -излучения, возникающего под действием внешнего источника нейтронов. Общая величина γ -излучения, регистрируемая при НГК, складывается из трех компонентов: 1) интенсивности γ -излучения $I_{НГК}$, возникающего в результате радиационного захвата ядрами породы (радиационное или вторичное γ -излучение); 2) γ -излучения $I_{ГГК}$ источника нейтронов, которое воздействует на индикатор непосредственно или вследствие облучения стенок скважины γ -лучами, часть которых рассеивается породой в направлении индикатора (для ослабления непосредственного γ -излучения от нейтронного источника между ним и индикатором устанавливается свинцовый экран; 3) естественного γ -излучения $I_{ГК}$, обусловленного естественной радиоактивностью породы. Влияние естественного γ -излучения при количественных определениях учитывается по данным гамма-каротажа.

Спектрометрический гамма-

каротаж: СГК основан на регистрации гамма-излучения естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ), содержащихся в горных породах. Поток и энергетический спектр регистрируемого гамма-излучения определяются массовой концентрацией, составом и пространственным распределением ЕРЭ, плотностью породы и ее эффективным атомным номером $Z_{эф}$. В формировании энергетического спектра СГК в основном участвуют гамма-излучения изотопов уранового и ториевого рядов, а также изотопа калий-40.

Импульсный нейтронный каротаж: В отличие от других методов НК, при **ИНК** в скважину спускают импульсный источник нейтронов (генератор нейтронов), который периодически в течение очень короткого времени (мкс) облучает породы потоком быстрых нейтронов с энергией 14 МэВ. ИНК используется для отбивки водонефтяных контактов, так как нефтегазонасыщенные интервалы характеризуются большими значениями среднего времени жизни тепловых нейтронов, чем интервалы, насыщенные минерализованной водой. **Спектрометрический импульсный нейтронный**

гамма-каротаж: Импульсный спектрометрический нейтронный гамма-каротаж (ИНГКС) основан на регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) и радиационного захвата (ГИРЗ) нейтронов, генерируемых высокочастотным излучателем быстрых нейтронов. В модификации углеродно-кислородного каротажа используемый генератор излучает импульсы нейтронов 14 МэВ с некоторой фиксированной частотой (~10 кГц). Основные параметры для применяемой на практике технологии спектральных отношений (C/O, Ca/Si) имеют некоторый набор функционалов, связывающих их с объемным содержанием углеводородов в “чистых” (кварц и кальцит) породах. Рассмотрена интерпретация данных углеродно-кислородного каротажа и ядерные свойства основных породообразующих и насыщающих элементов (подраздел 2.3). **Кислород** — наиболее распространенный химический элемент. Его содержание в главнейших типах горных пород варьирует от 48,80 до 51,84%. Кислород входит в состав подавляющего числа минералов, а также содержится в

воздухе и воде. Содержание его в воздухе по объему составляет 20,93%, по массе — 23,15%; в воде по массе — 85,82%. Ядра изотопов кислорода вступают в различные ядерные реакции. Для ядерной разведки наибольшее значение имеют реакции с нейтронами и гамма-квантами. **Углерод** - Помимо нефти, углерод входит также в состав углей, сланцев и некоторых горных пород. Свободный углерод в природе встречается в виде двух простых веществ — алмаза и графита. Среднее содержание углерода в земной коре по массе равно 0,023%. Из встречающихся в природе соединений углерода наиболее распространены карбонаты: кальцит, магнезит и др. Ядра атомов изотопов углерода вступают в ядерные реакции, среди которых для ядерно-геофизических исследований важнейшую роль играют реакции с нейтронами и гамма квантами. **Кремний** - По распространению в земной коре кремний занимает второе место после кислорода. Среднее содержание его по массе равно 29%, а в отдельных типах горных пород может меняться от 19,0 до 32,3%. В природе кремний встречается почти исключительно в виде кремнезема SiO_2 в свободном состоянии или в составе силикатов. Он входит в состав большинства горных пород изверженного, осадочного и метаморфического генезисов. Максимальное содержание Si в кварце и его разновидностях (хрустале, халцедоне и др.) составляет 46,8%. Ядра изотопов кремния вступают в ядерные реакции, из которых для определения кремния в ядерно-геофизических исследованиях наибольшее значение имеют реакции с нейтронами. **Кальций** - Среднее содержание кальция в земной коре по массе равно 2,96%, а в горных породах может меняться от 0,7 до 6,72%. Наиболее известные минералы кальция: кальцит, доломит, гипс, ангидрид, фосфорит, флюорит и др. Природный кальций состоит из смеси шести стабильных изотопов. Ядра изотопов кальция могут вступать в ядерные реакции, важнейшими из которых являются реакции с нейтронами.

В разделе 3 приводятся результаты выполненных исследований. В скважинах №1482 и №1476 Красногвардейского месторождения были проведены исследования комплексом ядерно-физических методов (ЯФМ), включающим ИНГКС (С/О-каротаж) и СГК, с целью выделения продуктивных пластов и определения характера насыщения. Пример интерпретации на рисунке 2. Результаты интерпретации по скважине № 1482 в интервалах 2393-2589м и 2634-2823м получены модели породы и порового

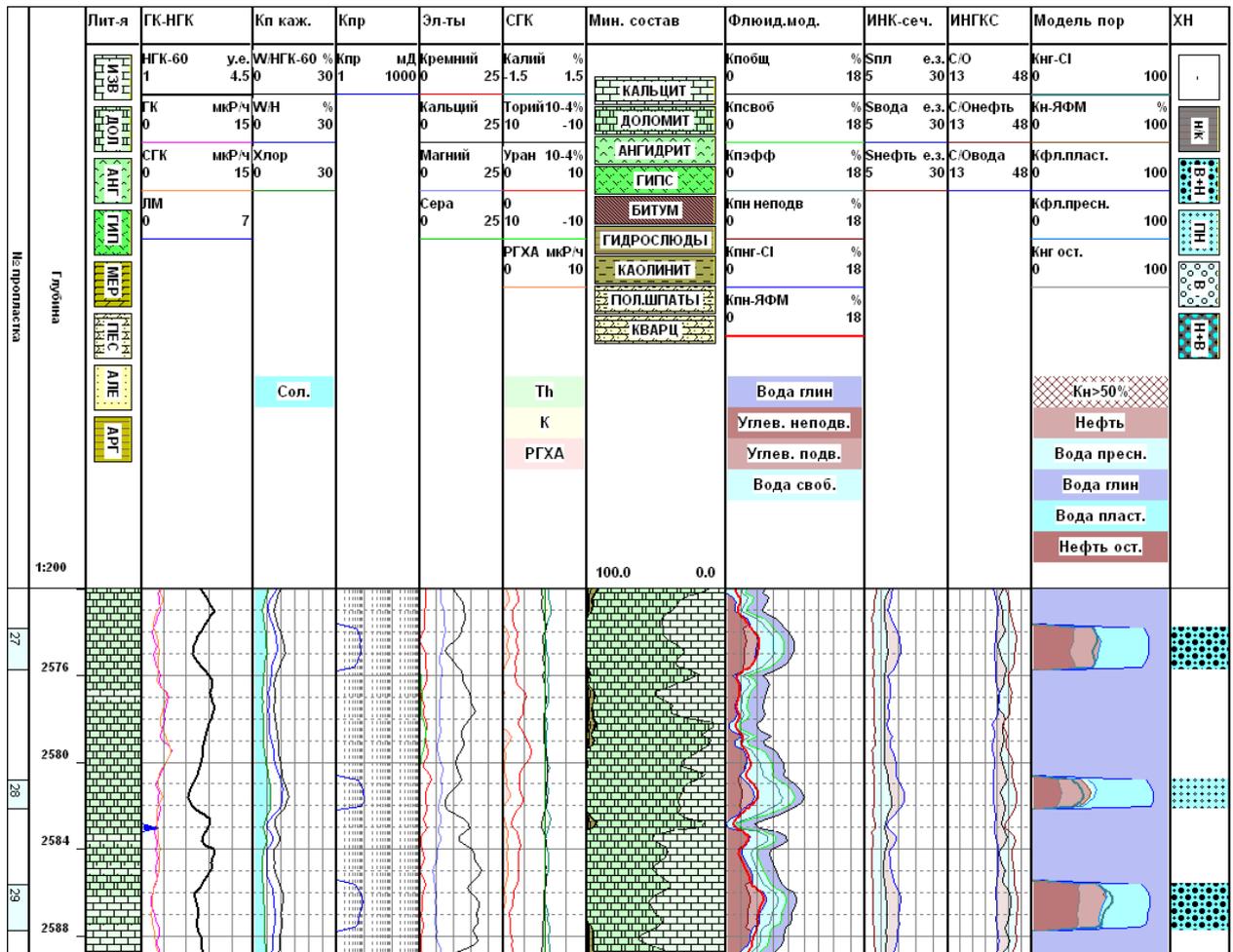


Рисунок 2 - Пример интерпретации скважины №1482.

пространства на дату проведения ЯФМ в обсаженном стволе (подраздел 3.1). Представлены результаты оценки текущей нефтегазонасыщенности коллекторов СКВ. №1482 Красногвардейского месторождения по данным исследования комплексом ядерно-физических методов, включающих С/О - каротаж. Приводятся результаты интерпретации по скважине №1476 в интервале 2744-2908м получены модели породы и порового пространства на дату проведения ЯФМ в обсаженном стволе (подраздел 3.2). Приводятся

результаты оценки текущей нефтегазонасыщенности коллекторов СКВ. №1476 Красногвардейского месторождения по данным исследования комплексом ядерно-физических методов, включающих С/О - каротаж. Так же в работе определены фильтрационно-емкостные свойства и проанализировано их изменение в исследуемых скважинах. Отмечено, что изменения ФЕС происходят с запада на восток от скважины №1476 до скважины №1482, коэффициент пористости увеличивается с 13,7 до 14,1%, коэффициент глинистости увеличивается с 0 до 11%, коэффициент нефтенасыщенности по ЯФМ уменьшается с 63 до 60%. Наилучшими ФЕС обладает скважина №1482 (пропласток 35-36), коэффициент пористости составляет 11,5-14,1%, коэффициент глинистости 8-11%, коэффициент нефтенасыщенности 57-60%. В таблице 1 приведены результаты оценки текущей нефтегазонасыщенности коллекторов скв. №1482.

Таблица 1 - результатов оценки текущей нефтегазонасыщенности коллекторов СКВ. № 1482.

№ пропластка	Интервал, м	Н, м	Кривые ГИС	К _п , %	К _{кл} , %	К _н ЯФМ, %	Литологическая характеристика
6-7	2463,5-2467,7	4,2	Минимальные значения ГК (2,8 мкР/ч); средние значения НГК (2,25 мкР/ч)	7-7,4	0-2	53	Доломит
16; 27; 29	2534,2-2535; 2573,8-2575,6; 2585,6-2587,6	0,8; 1,8; 2	Минимальные значения ГК (2,8 мкР/ч); средние значения НГК (2,25 мкР/ч)	8,9-9,2	0	49-52	Доломит известковистый, доломитизированный известняк

Продолжение таблицы 1.

35-36	2737,4- 2742,5	5,1	Минимальные значения ГК (6 мкР/ч); средние значения НГК (1,35 мкР/ч)	11,5- 14,1	8- 11	57-60	Песчаник алевритовый
46-48	2779,3- 2785,5	6,2	Минимальные значения ГК (1,5 мкР/ч); средние значения НГК (2,25 мкР/ч)	10,2- 13,1	0	46-58	Доломит известковистый, доломитизированный известняк
52	2811,8- 2814	2,2	Минимальные значения ГК (1,5 мкР/ч); средние значения НГК (2,25 мкР/ч)	8,5	0	48	Доломит известковистый

Заключение. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о достаточно широких возможностях применения ЯФМ для оценки характера насыщения коллекторов. В работе были проанализированы материалы, полученные в период прохождения производственной практики в «НТЦ ГЕОТЕХНОКИН» (г. Бузулук), с целью выделения продуктивных пластов и определения характера их насыщения по данным ГИС на примере Красногвардейского месторождения.

Автором изучены: краткая геолого-геофизическую характеристика района, физико-геологические основы методов ГИС, которые входят в комплекс промыслово-геофизических исследований на изучаемой территории, а также результаты проведенных ГИС.

Исследования скважины Красногвардейского месторождения проводились на основе ядерно-физических методов, к которым относятся гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), спектрометрический гамма-каротаж (СГК), импульсный нейтронный каротаж (ИНК), спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГКС).

Данные ГИС были самостоятельно обработаны и проанализированы автором и определены основные петрофизические характеристики выделенных пластов (пористость, глинистость, нефтенасыщенность). По проанализированным материалам были выделены продуктивные пласты Красногвардейского месторождения и определены их ФЕС. От скважины №1482 до скважины №1476 происходят изменения ФЕС, а именно коэффициент пористости увеличивается с 13,7 до 14,1%, коэффициент глинистости увеличивается с 0 до 11%, коэффициент нефтенасыщенности по ЯФМ уменьшается с 63 до 60%. Пропласток 35-36 скважины №1482, обладает наилучшими ФЕС коэффициент пористости составляет 11,5-14,1%, коэффициент глинистости 8-11%, коэффициент нефтенасыщенности 57-60%.