

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 пластов коллекторов и определение характера их насыщения  
по данным геофизических исследований скважин (на примере Ватлорского  
месторождения)**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического ф-та  
Ломакина Андрея Алексеевича

**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 2016

## **Введение**

**Актуальность темы работы.** В связи с истощением нефтяных ресурсов крупных месторождений нефти и газа в разработку вводятся средние и мелкие скопления углеводородов. Важнейшим условием сохранения достаточно высокого уровня добычи углеводородного сырья в старых нефтедобывающих районах наряду с открытием, подготовкой и вводом в разработку новых запасов является доразведка нефтегазовых месторождений. В последние годы роль и значение геофизических исследований скважин (ГИС) при этом существенно возросли.

Для эффективного выделения и оценки коллекторов нефти и газа, определения их фильтрационно-емкостных свойств, требуется повышение методического уровня ГИС, совершенствование комплексов, методик, метрологического и петрофизического обеспечения. Решение этих задач создаст информационную основу для выполнения оперативного текущего подсчета запасов нефти и газа, а также обеспечит выработку управляющих решений по оптимизации разведочного процесса.

**Целью данной работы** является выделение продуктивных коллекторов по данным геофизических исследований скважин (на примере Ватлорского месторождения), которое расположено на границе Сургутского свода и Фроловской мегавпадины.

В соответствии с поставленной целью решались следующие основные **задачи:**

1. Привести краткую геолого-геофизическую характеристику района работ на основе имеющихся фондовых материалов, публикаций в научной литературе и сети интернет.
2. Проанализировать имеющуюся в учебно-методической литературе информацию, характеризующую методы ГИС, входящие в комплекс промыслово-геофизических исследований на изучаемой территории.
3. Привести результаты работ, полученные на исследуемой площади и включающие материалы электрического и радиоактивного каротажа.

4. Проинтерпретировать полученные данные и определить основные петрофизические характеристики выделенных в разрезе пластов коллекторов.

В основу работы положены материалы, полученные автором в период прохождения производственной практики в организации ОАО «Сургутнефтегаз», НГДУ «Нижнесортимскнефть» цех научно-исследовательских и производственных работ. Материалы включают заключение по оперативной интерпретации данных ГИС по скважине №1,2,3, каротажные данные по методам БКЗ, микрометоды, ПС, ИК, ГК, НКТ по скважинам №1,2,3 и сводный литолого-стратиграфический разрез Ватлорского месторождения.

Работа включает введение, 4 главы, состоящих из 15 параграфов, заключения, списка используемых источников в количестве 10 наименований, 13 приложений, 10 рисунков и 1 таблица. Общий объем работы составляет 50 страниц.

Автор признателен сотрудникам ОАО «Сургутнефтегаз», НГДУ «Нижнесортимскнефть», оказавшим помощь в сборе и анализе материалов ГИС, а также в получении практических навыков работы в полевых условиях, в ходе обработки и интерпретации материалов промыслово-геофизических исследований.

### **Содержание работы**

В 1 разделе дается геолого-геофизическая характеристика Ватлорского месторождения. В подразделе 1.1. «Общие сведения о месторождении» отмечается, что в административном отношении месторождение находится в пределах Белоярского и Сургутского районов Ханты-Мансийского автономного округа–Югры. Ближайшим населенным пунктом является п. Нижнесортимский (142 км). До города Сургут 347 км. Ватлорское месторождение является объектом производственной деятельности нефтегазодобывающего управления (НГДУ) «Нижнесортимскнефть» ОАО «Сургутнефтегаз», имеющего развитую производственную инфраструктуру: цех подготовки и перекачки нефти

(ЦППН), дожимные насосные станции, систему напорных и межпромысловых нефтепроводов, газопроводов, сеть автомобильных дорог, систему электроснабжения, базы производственного обслуживания (Кушнир В.И).

В подразделе 1.2. описывается геологическое строение месторождения. «Краткая литолого-стратиграфическая характеристика» приводится в параграфе 1.2.1. Геологический разрез изучаемой территории сложен разновозрастными породами. Доюрские породы слагают кристаллический фундамент, представлены изверженной породой зеленого цвета с красноватым оттенком и тонкослоистой известковисто-глинистой метаморфизованной породой с прожилками кальцита. Юрские отложения представлены двумя крупными фациальными комплексами. Нижний комплекс охватывает отложения нижней и средней юры до нижнего келлова включительно и представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и аргелитов, а верхний комплекс слагается черными аргиллитами с глауконитами и конкрециями сидерита. В неокме, в пределах района работ, слагаются переслаиванием алевролитов и аргиллитов. Нефтеносной является черкашинская свита (пласты АС10/2 и АС11) готерив-барремского возраста.

Параграф 1.2.2. посвящается тектоническому строению месторождения. Изучаемая территория расположена на севере крупного геоблока Фроловской мегавпадины и приурочена к зоне сочленения Помутской мегатерассы и Ватлорской террасы, частично захватывает западную часть последней, которая осложнена локальными поднятиями III, IV порядка.

Нефтегазоносность изучаемой территории представлена в параграфе 1.2.3. Углеводороды выявлены в нижнемеловых отложениях черкашинской свиты готерив-барремского возраста K1g (пласты АС10/2, АС11/01-02), юрских отложениях баженовской свиты волжского возраста J3-K1bg (пласты ЮС0/К, ЮС0/К1 (баженовские продуктивные отложения) и тюменской свиты батского возраста J2tm (пласт ЮС2/1 (продуктивные отложения тюменской свиты)). На месторождении пробурено 14 поисковых, 30 разведочных и 340 эксплуатационных (в том числе 60 горизонтальных) скважин (Кушнир В.И).

В разделе 2 изучаются физико-геологические основы методов ГИС, применяемых на месторождении и которые нашли отражение в работе: электрический каротаж (подраздел 2.1): метод потенциалов собственной поляризации (параграф 2.1.1.), индукционный каротаж (параграф 2.1.2), метод кажущегося сопротивления (параграф 2.1.3), микрозондирование (параграф 2.1.4), боковое каротажное зондирование (параграф 2.1.5). Радиоактивный каротаж представлен в подразделе 2.2: гамма каротаж (параграф 2.2.1), гамма-гамма-каротаж (параграф 2.2.2), нейтроно-нейтронный карота (параграф 2.2.3)(Золоева Г.М., Петров Л.М., Хохлова М.С).

Результаты исследований (в скважинах 1, 2, 3) приводятся в разделе 3 по пластам коллекторам, нефтегазоносность которых была подтверждена ранее в в ходе бурения Ватлорского месторождения. Ниже, на примере скважины 1 рассмотрим полученные результаты.

Пласт-коллектор АС10/2 выделяется на глубине 2629.0 – 2648.4м (абсолютная глубина 2479.6 – 2499.0м). Граница водо-нефтяного контакта (ВНК) находится на глубине 2635.2м (абсолютная глубина 2485.8м). По данным электрического и радиоактивного каротажа пласт насыщен нефтью (интервал 2626.4 – 2635.2м), нефтью с пластовой водой (интервал 2635,2 – 2642,0м) и пластовой водой (интервал 2643.2 – 2647.6м).

В интервале 2626.4 – 2635.2м наблюдаются: УЭС – 10,07Омм и  $\alpha$ ПС – 1.25мВ, ГК – 0,4 и НКТ – 0,15. В интервале 2626.4 – 2635.2м отмечается уменьшение значения ПС от 700 до 681мВ/см, что является признаком пласта коллектора, и ИК от 125 до 90мСм/м/см. Здесь существенно уменьшаются показание ГК от 11.0 до 7.0мкР/ч/см и увеличивается НКТ от 4.8 до 6.4у.е/см. Также повышаются параметры по БКЗ от 5 до 24Омм/см. Значения микрокаротажа изменяются от 6.25 до 25Омм/см. Полученные данные, предположительно указывают на продуктивность интервала 2626.4 – 2635.2м в пласте АС10/2.

В интервале 2635,2 – 2642,0м наблюдаются: УЭС – 13,3Омм и  $\alpha$ ПС – 0,81мВ, ГК – 0,22 и НКТ – 0,17. В интервале 2635,2 – 2642,0м отмечается

уменьшение значения ПС от 660 до 634мВ/см, это говорит о том, что пласт является коллектором, и ИК от 125 до 90мСм/м/см. Здесь существенно уменьшаются показания ГК от 7.0 до 10.0мкР/ч/см и увеличивается НКТ от 5.2 до 11у.е/см. Также повышаются данные по БКЗ от 4 до 24Омм/см. Значения микрокаротажа изменяются от 2.8 до 3.0Омм/см. Полученные данные предположительно указывают на наличие нефти с пластовой водой в интервале 2635,2 – 2642,0 м пласта АС10/2.

В интервале 2643.2 – 2647.6м наблюдаются средние данные УЭС – 8,00мм и  $\alpha$ ПС – 0,6мВ, ГК – 0,46 и НКТ – 0,1. В интервале 2643.2 – 2647.6м отмечается уменьшение значения ПС от 674 до 656мВ/см, что является признаком пласта коллектора, ИК от 119 до 112мСм/м/см. На данном участке существенно уменьшаются показания ГК от 10.0 до 7.5мкР/ч/см и увеличивается НКТ от 5.2 до 5.6у.е/см. Также повышаются данные БКЗ от 14 до 24Омм/см. Значения микрокаротажа изменяются от 3.0 до 5.2Омм/см. Полученные данные предположительно указывают на наличие нефти с пластовой водой в интервале 2643.2 – 2647.6м пласта АС10/2.

Материалы по скважинам 2, 3 аналогичны приведенным выше и незначительно отличаются по абсолютным значениям.

Раздел 4 «Интерпретация данных ГИС» посвящается определению основных петрофизических характеристикам пластов-коллекторов: пористости, проницаемости, глинистости и нефтегазонасыщенности.

Алгоритмы определения коллекторских свойств (нефтегазонасыщенность, пористость, проницаемость) и результаты расчетов приведены в таблице 1. Значения глинистости приведены по данным ОАО «Сургутнефтегаз».

В пласте АС10/2 средние значения петрофизических свойств (скважина №1) в продуктивном интервале 2626.4 – 2635.2м: Кп – 17,2% , Кпр – 2,93мД, Кгл – 19,6, Кнг – 40,7%. В интервале 2635.2 – 2642.0м нефть с пластовой водой: Кп – 20,3%, Кпр – 36мД, Кгл – 9,2%, Кнг – 50,4%. В интервале 2643.2 – 2647.6м пластовая вода: Кп – 20,3%, Кпр – 37мД, Кгл -15,5%, Кнг – 0%.

В пласте АС10/2 средние значения петрофизических свойств (скважина №2) в продуктивном интервале 2667.0 – 2669.8м: Кп – 22,0%, Кпр – 125,3мД, Кгл – 12,4%, Кнг – 61,8%. В интервале 2671.0 – 2673.0м нефть с пластовой водой: Кп – 21,5%, Кпр – 39,0мД, Кгл – 12,8, Кнг – 57,8%. В интервале 2673.0 – 2674.6м пластовая вода: Кп – 22,5%, Кпр – 145мД, Кгл – 19,4%, Кнг – 0%.

В пласте АС10/2 средние значения петрофизических свойств (скважина №3) в интервале 2675.0 – 2679.0м пластовой воды: Кп – 20,3%, Кпр – 87,0мД, Кгл – 8,4%, Кнг – 0%.

Данные расчетов по определению петрофизических характеристик пласта АС10/2 приводятся на рис 1 в сопоставлении с материалами ОАО «Сургутнефтегаз». На рисунке четко отмечаются изменения петрофизических свойств от кровли до подошвы пласта АС10/2, мощность пласта в среднем 24м.

Наименьшие значения проницаемости наблюдаются на кровли и подошве пласта, они изменяются от 0.0 до 20.0мД, наибольшие значения преобладают в центральной части пласта коллектора, они имеют значения от 20 до 53мД. Нефтенасыщенность имеет значения от 40 до 65% по всему интервалу коллектора.

Рассмотрим результаты интерпретации данных ГИС в пласте АС11/01-02. На рисунке 2 представлены данные определения петрофизических характеристик, проведенные по формулам (см. таблицу 1).

В пласте АС11/01-02 средние значения петрофизических свойств (скважина №1) в продуктивном интервале 2698.2 – 2708.6м: Кп – 15,9%, Кпр – 2,5мД, Кгл – 22,9% (заимствован по данным ОАО «Сургутнефтегаз» из заключения по оперативной интерпретации данных ГИС), Кнг – 46,4%.

В пласте АС11/01-02 средние значения петрофизических свойств (скважина №2) в продуктивном интервале 2731.6 – 2744.2м: Кп – 18,2%, Кпр – 6,0мД, Кгл – 24%, Кнг – 53,3%.

В пласте АС11/01-02 средние значения петрофизических свойств (скважина №3) в продуктивном интервале 2745.6 – 2757.4м: Кп – 15,9%, Кпр – 1,3мД, Кгл – 21%, Кнг – 47,7%.

Данные расчетов по определению петрофизических характеристик пласта АС11/01-02 приводятся на рис 2. Из рисунка видно изменение петрофизических свойств от кровли до подошвы пласта АС11/01-02, мощность пласта в среднем 54м. Наименьшие значения проницаемости наблюдаются на кровле и подошве пласта, они изменяются от 0.0 до 13.0мД, наибольшие значения преобладают в центральной части пласта коллектора, они имеют значения от 7 до 49мД. Нефтенасыщенность имеет значения от 30 до 62% по всему интервалу коллектора.

Проницаемость, мД      Нефтенасыщенность, %

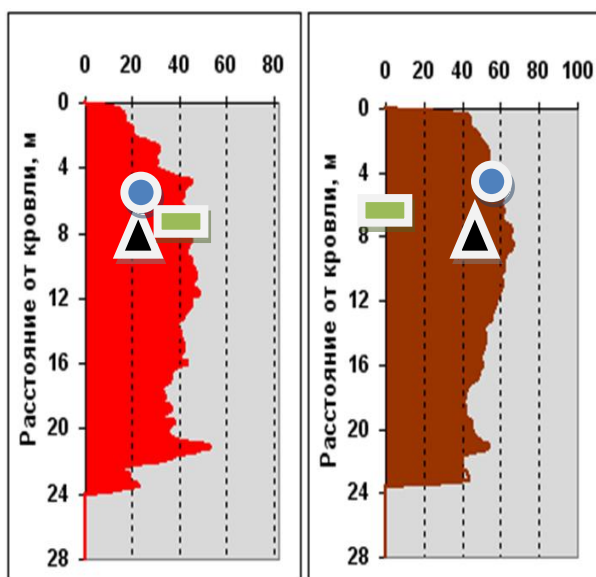


Рис. 1. Сопоставление петрофизических характеристик пласта АС10/2, полученных автором с материалами ОАО «Сургутнефтегаз».

Проницаемость, мД      Нефтенасыщенность, %

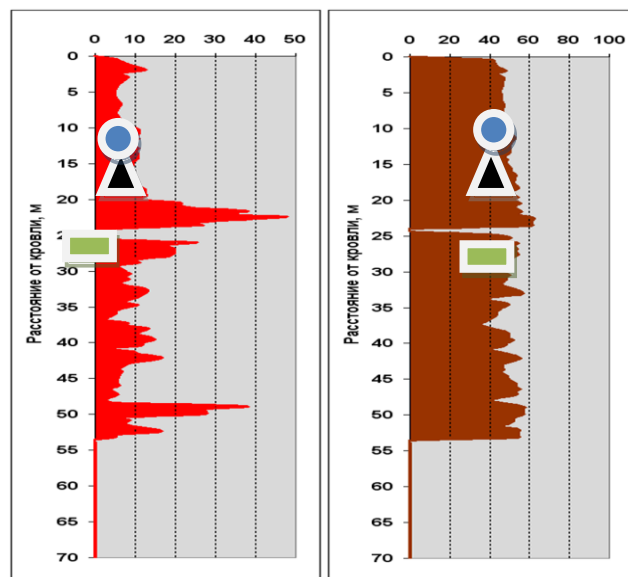


Рис. 2. Сопоставление петрофизических характеристик пласта АС11/01-02, полученных автором с материалами ОАО «Сургутнефтегаз».

Условные обозначения:

▲ - скважина 1      ● - скважина 2      ■ - скважина 3



Таблица 1 - Алгоритмы определения подсчетных параметров продуктивных пластов Ватлорского месторождения (приняты в ОАО «Сургутнефтегаз»)

№	Параметр	Пласт	
		АС10/2	АС11/01-02
1	Критерий коллектора		
	Кп, %	15.7	14.5
	Кпр, мД	0.70	0.40
	αпс	0.33	-
	ΔIγ	0.56	0.55
2	Критерий получения промышленного притока нефти (уровень ВНК), Ом*м	8.0	8.0
3	Коэффициент пористости Кп, %	$K_p = -5.2 * L_{пс}^2 + 16.69 * L_{пс} + 10.8$ $K_p = -5.85 * \Delta I \gamma^2 - 7.65 * \Delta I \gamma + 21.8$ $K_p = 1.48 - 0.548 * \sigma$	$K_p = -6.44 * \Delta I \gamma^2 + 14.89 * \Delta I \gamma + 24.62$ $K_p = 1.45 - 0.539 * \sigma$
4	Коэффициент проницаемости Кпр, $10^{-15} \text{ м}^2$	$K_{пр} = 10552458.862 * K_p^{7.742}$	$K_{пр} = 0.0003e53.717 * K_p$
5	Коэффициент нефтенасыщенности Кн, %	$R_{п} = 1.09 * K_{п}^{-1.707}$ $R_{п} = 0.982 * K_{в}^{-1.885}$ $R_{п} = 312.36 * W_{в}^{-1.459}$	

Отметим, что полученные автором данные хорошо согласуются с материалами ОАО «Сургутнефтегаз».

### **Заключение**

Доразведка нефтегазовых месторождений является необходимым условием сохранения высокого уровня добычи нефти и газа. Подготовка и ввод в разработку новых запасов углеводородов практически повсеместно производится с привлечением данных ГИС, которые в полной мере позволяют вовлекать в разработку все продуктивные интервалы разреза. В данной работе проанализированы материалы, полученные в период прохождения производственной практики в ОАО «Сургутнефтегаз», НГДУ «Нижнесортымскнефть» цех научно-исследовательских и производственных работ с целью выделения пластов коллекторов и определение характера их насыщения по данным геофизических исследований скважин (на примере Ватлорского месторождения).

Автор ознакомился с краткой геолого-геофизической характеристикой района работ на основе имеющихся фондовых материалов, а также публикаций в научной литературе и сети интернет. Изучил имеющуюся в учебно-методической литературе информацию, характеризующую физико-геологические основы методов ГИС, которые входят в комплекс промыслово-геофизических исследований на изучаемой территории.

Результаты ГИС, включающие материалы электрического и радиоактивного каротажа были самостоятельно обработаны и проинтерпретированы автором и определены основные петрофизические характеристики выделенных в разрезе пластов коллекторов (пористость, проницаемость, нефтегазоносность). Полученные материалы позволили выделить продуктивные коллектора Ватлорского месторождения и определить их фильтрационно - емкостные свойства.

Отметим, что данные автора хорошо согласуются с материалами ОАО «Сургутнефтегаз» и были в дальнейшем привлечены сотрудниками этой

организации для составления отчетной документации по ГИС на Ватлорском месторождении.