

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

Кафедра геофизики

**«Геофизические особенности и нефтеносность Баженовской свиты Ай-
Пимского нефтяного месторождения (Сургутский район)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 Нефтегазовое дело
профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»
геологического факультета, заочного отделения
Симонова Ивана Рубеновича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Б.А. Головин

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2023

Введение. Баженовская свита (БС) является нефтематеринской для нефтяных месторождений Западной Сибири. Битуминозные глинисто-кремнисто-карбонатные отложения баженовской свиты – самое известное геологическое образование Западной Сибири. Благодаря своему составу и аномальным физическим свойствам, в первую очередь, высокой радиоактивности и высокому удельному электрическому сопротивлению (УЭС), а также региональному распространению, в геологических и геофизических исследованиях скважин баженовская свита используется как геофизический репер и региональная покрывка для Верхнеюрского нефтегазоносного комплекса.

Ай-Пимское нефтяное месторождение – пилотное месторождение, на котором осуществляется пробная разработка горизонта Юс₀ (БС). Поэтому Ай-Пимское месторождение может служить эталоном для выявления геофизических признаков нефтеносности БС и перенесения, с учетом геолого-геофизической аналогии, на другие изученные методами ГИС разрезы Западной Сибири.

Целью исследования является выявление геофизических признаков нефтеносности отложений баженовской свиты в условиях Ай-Пимского нефтяного месторождения.

Указанная цель достигается решением следующих задач:

- сделать обзор опубликованных и фондовых материалов по результатам разработки и геофизических исследований скважин Ай-Пимского нефтяного месторождения;
- выявить геофизические отличия геофизических характеристик БС в разрезах скважин с разными притоками нефти из горизонта Юс₀;
- сформировать радиогеохимическую характеристику БС Ай-Пимского месторождения (по результатам гамма-спектрометрического каротажа).

В настоящей выпускной квалификационной работе определены (и обоснованы) конкретные задачи, объекты и методика исследований в соответствии с поставленной целью, а также излагаются результаты проведенных исследований.

Бакалаврская работа содержит в себе введение, заключение, список использованных источников, список приложений, а также 3 раздела основного содержания работы, 6 подразделов первого раздела, второй раздел и два подраздела третьего раздела: 1 «Геолого-геофизическая изученность месторождения», «1.1 Общие сведения о месторождении», 1.2 «Краткая геолого-геофизическая изученность», 1.3 «Литолого-стратиграфическая характеристика разреза», 1.4 «Тектоника», 1.5 «Нефтегазоносность», 1.6 «Петрофизическая характеристика разреза». 2 «Комплексы, методика и техника проведения геофизических исследований скважин». 3 «Результаты качественного анализа данных ГИС исследованных разрезов скважин», 3.1 «Геофизические признаки нефтеносности баженовской свиты (результаты количественного анализа)», 3.2 «Проблемы снижения продуктивности скважин Ай-Пимского месторождения в процессе их эксплуатации».

Основное содержание работы

Первый раздел: **«Геолого-геофизическая изученность месторождения»**

Ай-Пимское нефтяное месторождение расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 150 км на северо-запад от города Сургута, что показано на рисунке 1 [1]. Ближайшими населенными пунктами являются г. Лянтор (76 км), поселок Нижне-Сортымский (30 км).

Месторождение расположено в пределах сильно заболоченной озерно-аллювиальной равнины. Абсолютные отметки рельефа изменяются от +70 до +96 м.

Гидрографическая сеть представлена мелкими несудоходными реками, являющимися притоками реки Лямин, большим количеством озер различных размеров. Ледостав на реках и озерах начинается в конце октября – начале ноября.

Ледоход на реках начинается во второй половине мая.

По берегам рек и гривам произрастает, в основном, хвойные леса (сосна, кедр, ель, пихта), в более пониженных местах леса лиственные (береза, осина).

Климат резко континентальный с продолжительной суровой зимой и сравнительно коротким летом. Средняя температура самого холодного месяца (январь) -22°C , минимальная температура достигает -52°C . Глубина промерзания грунта составляет 1,0-1,5 м, на болотах 0,15-0,20 м. Мощность снежного покрова на водоразделах не превышает 1,0 м, в пониженных частях рельефа 1,5-2,0 м.

Самый жаркий месяц – июль. Средняя температура месяца составляет $+17^{\circ}\text{C}$, максимальная значение достигает $+35^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура отрицательная и равна $-3,1^{\circ}\text{C}$. Количество атмосферных осадков составляет в год 460-580 мм. Основная часть осадков (390 мм) выпадает в теплый период (май-сентябрь). В холодный период преобладают ветры южного и юго-западного направлений, для летнего периода характерны ветры северо-восточного и северо-западного направлений.

Район относится к слабозаселенным. Коренное население (ханты, манси) занимаются оленеводством, пушным и рыбным промыслами.

В Сургуте действуют крупнейшие в Западной Сибири ГРЭС-1 и ГРЭС-2, работающие на попутном газе нефтяных месторождений Среднего Приобья и обеспечивающие электроэнергией нефтяную промышленность района. Действует газоперерабатывающий завод, завод стабилизации конденсата, нефтедобывающие предприятия, крупный аэропорт, железнодорожный вокзал, речной порт.

Дорог с твердым покрытием в пределах месторождения имеются. Асфальтированная дорога связывает г. Сургут с г. Лянтор, п. Нижне-Сортымск, Нижневартовском, Ноябрьском, практически со всеми месторождениями.

Ближайшими месторождениями, запасы нефти которых утверждены в ГКЗ, являются: Нижне-Сортымское, Камыньское, Алехинское, Лянторское, Быстринское, Яунлорское и другие. Действующий нефтепровод Усть-Балык – Омск проходит в 65 км на юго-восток от Ай-Пимского месторождения, восточнее г. Сургута проходят трассы нефтепроводов Самотлор-Куйбышев, Самотлор-Уфа-Альметьевск и Самотлор-Александровское-Анжеро-

Судженск.

Второй раздел «Комплексы, методика и техника проведения геофизических исследований скважин»

В разведочных скважинах Ай-Пимского месторождения применялся следующий комплекс промыслово-геофизических исследований:

- стандартный каротаж;
- боковое каротажное зондирование (БКЗ);
- метод потенциалов собственной поляризации (ПС);
- индукционный каротаж (ИК);
- боковой каротаж (БК);
- микрозондирование (МКЗ);
- микробоковой каротаж (МБК);
- микрокавернометрия (МКВ);
- кавернометрия, профилометрия (КВ, ПР);
- радиоактивный каротаж (ГК, НКТ);
- плотностной гамма-гамма каротаж (ГГК-П);
- высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ);
- акустический каротаж (АК);
- резистивиметрия (РЗ);
- акустическая цементометрия (АКЦ);
- электротермометрия;
- инклинометрия;
- локация муфтовых соединений.

Методика и техника проведения ГИС

На Ай-Пимском месторождении пробурено 1542 скважин разного назначения. Из них 54 разведочные скважины. На пласт Ю2 пробурено 594,

пласт Ю1 – 1352, отложения палеозоя вскрыты 17 скважинами, только на пласт АС₁₂ пробурено 190 скважин.

При бурении под кондуктор использовалась промывочная жидкость (ПЖ), приготовленная из глинопорошка со следующими параметрами: плотность - 1.18-1.2 г/см³; вязкость - 30-35 сек; водоотдача - до 8 см³ за 30 мин; содержание песка - до 4 %.

Дальнейшее углубление скважин осуществлялось на глинистой ПЖ, образованной в результате естественной наработки при разбуривании глинистых осадков палеогена и верхнего мела.

При бурении продуктивных отложений параметры ПЖ были следующие: плотность - 1.16-1.18 г/см³; вязкость - 30-35 сек; водоотдача - 6-8 см³ за 30 мин; содержание песка - до 2%.

Для крепления стенок скважин применялась следующая конструкция. Направление не спускалось. Кондуктор 219 мм от 271 м до 408 м с подъемом цемента в заколонном пространстве до устья скважины, эксплуатационная колонна 5³/₄" с подъёмом цемента от башмака.

Испытание герметичности эксплуатационных колонн в разведочных скважинах, а также цементных мостов, изолирующих нижележащие горизонты, проводилось опрессовкой.

Все пробуренные скважины заполнены глинистым раствором удельного веса 1.18-1.2 г/см³, а в верхней части (0-30 м.) – нефтью.

В бурящихся скважинах Ай-Пимского месторождения геофизические исследования проводились стандартным комплексом методов, утвержденным на основе типовых комплексов с учетом специфики бурения разведочных и эксплуатационных скважин.

Скважины Ай-Пимского месторождения, в основном, наклонно-направленные. В соответствии с требованиями инструкции по проведению обязательного комплекса ГИС микрозондирование, микробоковой каротаж, кавернометрия проводились в скважинах с углом наклона ствола не превышающим 15°.

Третий раздел «**Результаты качественного анализа данных ГИС**

исследованных разрезов скважин»

Взятые для качественного анализа каротажных диаграмм скважины 13, 22 и 72 вскрыли меловые отложения с пластами Неокомского АС₁₂, БС₁ и Ачимовского Ач₁₋₄ нефтегазоносного комплексов (НГК) и верхнеюрские отложения баженовской свиты – пласт Юс₀. Общую характеристику отложений Неокомского и Ачимовского НГК дадим по разрезу скважины 13.

Скважина характеризуется относительно спокойным поведением показаний ПС, ГК, ННКт и ВИКИЗ практически по всему разрезу, за исключением интервалов с пластами АС₁₂ (маломощный нефтеносный) и Ач₄ (мощный водоносный), что показано на рисунке 15. Здесь, кроме отражения в данных ГИС самих пластов, повышения показаний зондов ВИКИЗ и ННКт и понижения ГК и ПС, наблюдаются характерные аномалии от карбонатизированных пород: интенсивные понижения ГК, сопровождающиеся пиками-максимумами показаний ННКт и ВИКИЗ. Наиболее характерная комплексная аномалия от карбонатизированных пород наблюдается в кровле пласта Ач₄.

Во всех случаях выше пластов-коллекторов отмечается характерное понижение показаний ННКт и ВИКИЗ и повышения радиоактивности, указывающие на хорошую глинистую покрывку. То же наблюдается в скв. 13 выше пласта Юс₀ – баженовской свиты.

Разрез баженовской свиты (пласт Юс₀)

Баженовская свита в разрезе скважины 22 залегает в интервале 2965-2994 м, по данным керна – сложена битуминозными аргиллитами разной степени сцементированности и уплотненности. Именно к этому геологическому объекту приурочен пласт Юс₀, который выделяют в пределах свиты в интервале 2972 – 2987 (по интенсивной аномалии расхождения зондов ВИКИЗ), пласт перфорирован на глубине: 2972-2990 м. Рассмотрим, как проявляют себя отложения свиты по результатам ГИС. По данным ГК отложения свиты характеризуются в целом повышенными значениями естественной радиоактивности: от 10 до 140 мкР/ч.

Однако изменение естественной радиоактивности в пределах распространения отложений высокодисперсное (очень резкие отличия по гамма-излучению). Причем, самые высокие показания ГК тяготеют к кровельной части нефтеносного объекта (2965-2971 м), а в направлении от кровли к подошве – естественная радиоактивность резко снижается. Ниже пласта ЮС0 показания ГК на уровне 7-12 мкР/ч, резкой границы аномалии ГК в подошве свиты не наблюдается.

Другой радиоактивный метод – ННКт. Во внимание берем показания большого зонда (БЗ), т.к. именно он отражает нейтронные свойства пласта, а не малый зонд (МЗ), который исследует прискважинную зону и используется для более корректного расчета водородосодержания (W). Интенсивность нейтронного излучения в кровле свиты минимальные – 1-1.4 у.е. С глубины 2970 м показания ННКт резко увеличиваются и варьируются от 2.8 до 10 у.е. В связи с этим интервал 2970-2994 м отражается в ННКт яркой положительной аномалией, которая осложнена локальными пикообразными увеличениями и понижениями. Нижняя граница аномалии совпадает с подошвой баженовских отложений.

В электрических полях результаты ГИС показали следующее: БК характеризует отложения свиты в общем значительно высокими кажущимися УЭС. Наблюдается тенденция: отложения кровельной и центральной частей пласта - выделяются положительными аномалиями в поле БК, подошвенная часть - низкими значениями БК.

На диаграмме ВИКИЗ отложения баженовской свиты выделяются высокими показаниями зондов разной длины, что видно на рисунке 16. Расхождение зондов в центральной, кровельной и подошвенной частях – разное. Максимальное расхождение показаний зондов, фиксирующее положительный градиент УЭС, соответствует центральной части (2972-2984 м), причем здесь значения УЭС самые высокие. Показания зондов ВИКИЗ кровельной части (2964-2972 м) также высокоомны, расхождение зондов менее амплитудное, отмечаются преимущественно положительным градиентом УЭС. В интервале 2970-2971 м наблюдается резкое падение сопротивлений всех зондов до 2,5

Омм.

Подошвенная часть свиты характеризуется высокими сопротивлениями на фоне всего разреза, но в сравнении с другими интервалами пласта – снижением УЭС, расхождение кривых разных зондов довольно сильное, как и в центральной части свиты, все также наблюдается положительный градиент УЭС. В интервале 2987 – 2990 м – снижение показаний всех зондов на уровне 2.6-3.4 Ом, здесь зонды расходятся не значительно. Ниже по разрезу за пределами баженовской свиты показания ВИКИЗ меняются на более низкоомные (первые Ом), расхождение зондов низкое, наблюдаются инверсии, положительные и отрицательные градиенты УЭС.

В соответствии с рисунком 17 Баженовская свита в разрезе 13 скважины выделяется в интервале: 2940-2968 м, в ее пределах границы пласта ЮС₀: 2946-2962 м (проведены по максимальному расхождению зондов ВИКИЗ), перфорация пласта – 2946-2959 м. По данным керна отложения свиты представлены битуминозными аргиллитами разной степени сцементированности, с прослоями карбонатов и глин.

В поле ПС породы свиты характеризуются следующим образом: в кровельной части (2940-2945 м) наблюдается значимая положительная аномалия.

По данным ГК и ННКт можно отметить, что баженовская свита скв. 13 и 22 качественно практически неразличима.

По данным ВИКИЗ отложениям баженовской свиты соответствуют высокие значения УЭС. Более того, показания зондов ВИКИЗ в разрезе данной скважины чуть больше чем в сопоставляемой скважине. В интенсивной аномалии преимущественно положительного градиента УЭС, которую создают породы баженовской свиты, можно также выделить кровельную, центральную и подошвенную области.

Скважина 72

В скважине 72 был проведен спектрометрический гамма-каротаж с отдельным определением содержания урана, тория и калия, по результатам которого можно определить природу аномально высокой радиоактивности

баженовской свиты Ай-Пимского месторождения. Результаты гамма-спектрометрического каротажа по этой скважине приведены на рисунке 18.

По каротажным диаграммам можно выделить согласованность по форме и по изменению масштаба показаний радиоактивности с показаниями содержания урана. Содержание остальных двух элементов не аномальное, даже пониженное, особенно в подошвенной части. Таким образом, природа радиоактивности баженовской свиты урановая.

Геофизические признаки нефтеносности баженовской свиты (результаты количественного анализа). Объектами исследования являются разрезы скважин 13, 22 и 72 с данными ГИС. Все три скважины находятся в контуре категории запасов C_1 , размещаются с севера на юг в порядке 13,22,72 все – на восточном склоне Ай-Пимской положительной структуры (скважина 22 ближе всего к купольной части). Статистический анализ сделан для показаний методов ГИС: ГК (естественная гамма-активность); НКТ (нейтронный каротаж, измеряется величина, обратная водородосодержанию) и ИК (индукционный каротаж в масштабе УЭС с разными зондами ВИКИЗ).

Разработка пласта $Ю_{с0}$ ведется за счет его внутренней энергии. Температуры пласта 95-121°C, коэффициент аномальности высокого пластового давления 1,84. На картах поровых давлений область разрабатываемой залежи (границы категории C_1) выделяется понижением порового давления в матрице и, особенно, в трещинах, что связано с отработкой способом истощения. Быстрое падение продуктивности скважин в связи со способом разработки не позволяет использовать величины притока в качестве характеристики нефтенасыщенности баженовской свиты. В настоящей работе были использованы группы скважин: низкопродуктивные, куда относится скв.13, и высокопродуктивные (скв.22). При одинаковых условиях разработки продуктивность скважины 22 превышает таковую скважины 13 в 14 раз.

При анализе каротажных диаграмм скважин Ай-Пимского месторождения, что видно на рисунке 19 выявляется главная его особенность:

- аномалии базовых параметров баженовской свиты, радиоактивность

ГК и электрическое сопротивление (ИК) пространственно раздвинуты, чего не наблюдается в скважинах, например, Самотлора или Томской области [15]. Кровельная часть баженовской свиты преимущественно глинисто-кремнистая (высокие показания ГК и низкие НКТ и ИК), подошвенная – преимущественно карбонатная с противоположным поведением геофизических параметров.

Заключение. Результаты выполнения настоящей бакалаврской работы (анализа ранее проведенных исследований) могут быть сведены к следующим положениям-выводам:

- Ай-Пимское нефтяное месторождение является актуальным объектом изучения проблемы геофизических признаков нефтеносности баженовской свиты. Оно находится в разработке на пласт Юс₀, оценивается с этой точки зрения как наиболее перспективное в Сургутском районе, хорошо изучено геофизическими исследованиями скважин;

- в связи с разработкой месторождения способом истощения внутренней энергии пласта, выбор конкретных скважин для исследований следует по группам, учитывающим время эксплуатации скважин. Исследованы скважины 22 (высокоперспективная группа) и скв. 13 (низкоперспективная группа);

- был проведен спектрометрический гамма-каротаж в скважине 72 с отдельным определением содержания урана, тория и калия, по результатам которого определена природа аномально высокой радиоактивности баженовской свиты Ай-Пимского месторождения;

- в исследованных разрезах скважин, расположенных в границах категории запасов С₁, выявлены общие признаки нефтеносности баженовской свиты: аномально высокие естественная радиоактивность и электрическое сопротивление; раздвинутость названных геофизических аномалий – аномалия ГК к кровле баженовской свиты, аномалия электрического сопротивления – к подошве;

- установлено повсеместное развитие в исследованных разрезах карбонатизированных пород, выделяющихся яркой узнаваемой аномалией методов ГИС за пределами баженовской свиты и широко развитых в

подошвенной части баженовской свиты (причина раздвинутости аномалий ГИС);

- по результатам разработки баженовской свиты Ай-Пимского месторождения основная часть притоков нефти (более 75%) приходится на карбонатосодержащие породы баженовской свиты, так что геофизические признаки подошвенной части разреза – высокие электрические сопротивления и показания НКТ, пониженные – ГК, пикообразные комплексные аномалии типа «карбонаты» - являются одновременно геофизическими признаками приточных интервалов баженовской свиты;

Выявлены геофизические признаки скважин с повышенной продуктивностью баженовской свиты на Ай-Пимском месторождении:

- более высокая радиоактивность и неоднородность по ГК кровельной части баженовской свиты и более существенное различие по ГК кровельной и подошвенной частей;

- менее тесная линейная корреляционная связь между показаниями НКТ и ИК в подошвенной (приточной) части баженовской свиты и меньший угол наклона этой зависимости.