

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи



Шуваев Артем Олегович

**Строение и условия формирования ачимовской толщи в
пределах Большехетской впадины**

25.00.01 – Общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

**Научный
руководитель**

– **Конаевич Людмила Федоровна** – доктор геолого-минералогических наук, доцент

**Официальные
оппоненты**

– **Гогоненков Георгий Николаевич** – доктор технических наук, ФГУП ВНИГНИ, Советник генерального директора ВНИГНИ

Костюченко Сергей Леонидович – доктор геолого-минералогических наук, Акционерное общество «Росгеология», заместитель генерального директора – директор Департамента по науке и техническому развитию

Патина Ирина Станиславовна – кандидат геолого-минералогических наук, ГИН РАН, лаборатория сравнительного анализа осадочных бассейнов, старший научный сотрудник

Защита диссертации состоится «16» мая 2018 г. в 14-30 часов на заседании диссертационного совета МГУ.04.04 Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, ауд. 415.

E-mail: nvbadulina@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/98019300/>

Автореферат разослан «22» марта 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических
наук, доцент



В.С. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Особенности строения чехла Западно-Сибирской молодой плиты привлекают к себе внимание геологов на протяжении долгого времени. Но несмотря на длительную историю исследования недр Западной Сибири, в её пределах по прежнему существуют недостаточно детально изученные территории, такие как, рассматриваемая в работе Большехетская впадина. Территория исследования расположена на севере Западно-Сибирской молодой плиты (рис. 1). В физико-географическом отношении Большехетская впадина приурочена к области междуречья рек Таз и Мессояха. Территория изучения включает в себя как, непосредственно, Большехетскую впадину, так и ряд сопредельных тектонических элементов – Нижнемессояхский и Хальмерпаютинский мегавалы и Юрхаровско-Находкинскую мегаседловину (рис. 2). Площадь территории исследования превышает 26 000 км².

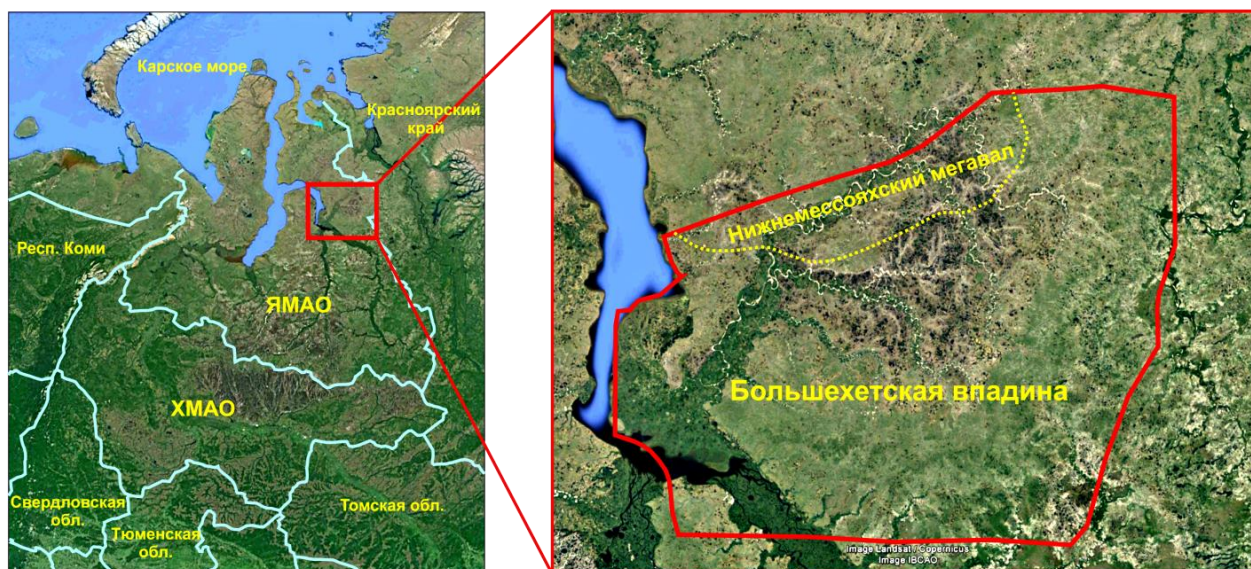


Рисунок 1. Расположение района исследования

Изменение во времени уровня моря, климата, характера погружения бассейна и интенсивности поступления осадочного материала привело к формированию в составе отложений чехла Западно-Сибирской молодой плиты множества интересных в геологическом отношении стратонов. В работе основное внимание уделено изучению нижнемеловой ачимовской толщи в пределах Большехетской впадины. Данная толща является частью неокомского клиноформенного комплекса. Ачимовская толща представляет собой совокупность разновозрастных пород объединенных сходством морфологии и условиями их седиментации - к ней относят отложения,

локализованные в фондоформенной и ортоформенной частях клиноформ неокомского надгоризонта.

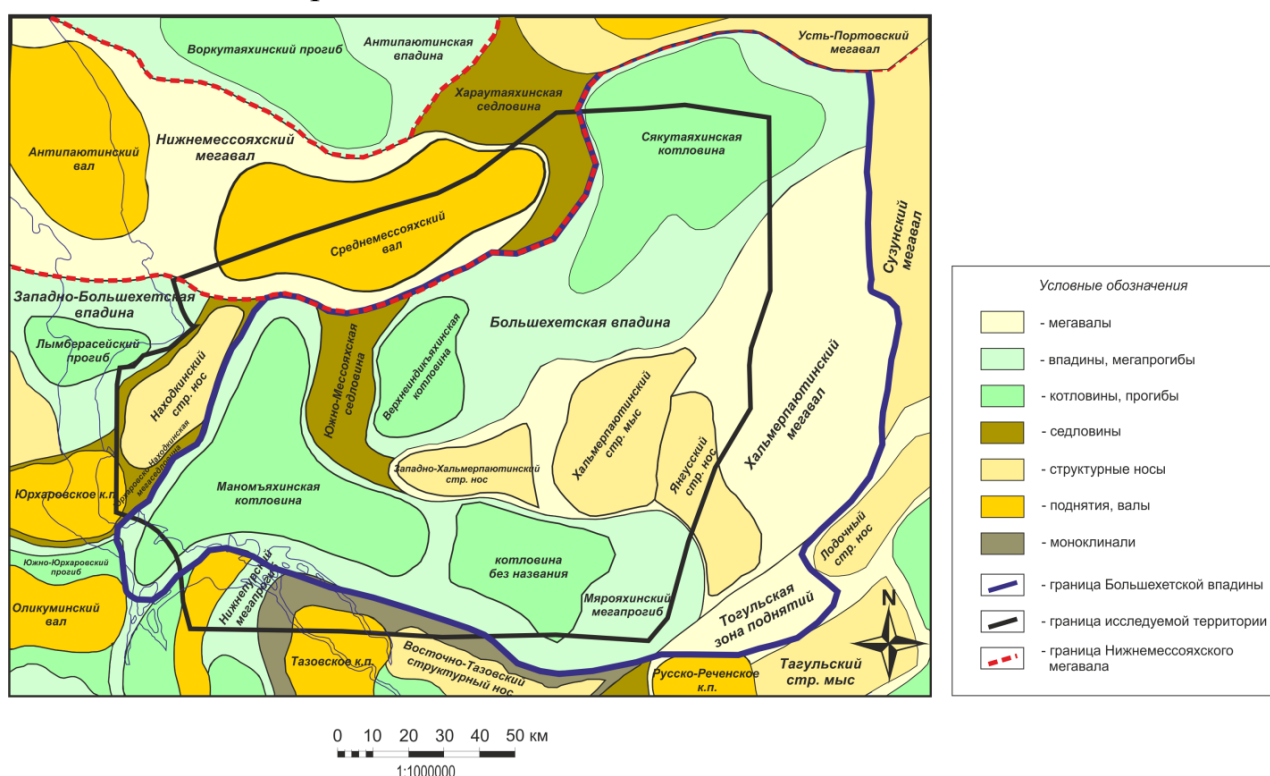


Рисунок 2. Обзорная схема исследуемого региона (по материалам Нестерова И.И., 1984)

Приуроченный к Западно-Сибирской молодой плите одноименный нефтегазоносный бассейн является одним из крупнейших углеводородных (УВ) бассейнов в мире и является одним из важнейших топливно-энергетических регионов России. Вследствие закономерного истощения ряда открытых ранее залежей УВ остро стоит проблема восполнения ресурсной базы Западной Сибири.

В пределах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна ачимовская толща является одним из высокоперспективных нефтегазовых комплексов, с подтвержденной нефтегазоносностью. На исследуемой территории ачимовская толща характеризуется низким уровнем изученности. Сложность строения данной толщи и неоднозначность ее стратиграфического положения серьезно затрудняют прогнозирование и локализацию наиболее перспективных объектов. Результаты проведенных исследований позволяют улучшить понимание особенностей формирования клиноформенных отложений, что приводит к снижению неопределенностей при поиске залежей УВ.

Степень разработанности темы

В пределах Большехетской впадины впервые было проведено детальное изучение строения и условий формирования неокомского клиноформенного комплекса и, приуроченной к нему, ачимовской толщи. В ходе работ проведено комплексное исследование, включающее в себя интерпретацию сейсмических и скважинных материалов, сиквенс-стратиграфический анализ, оценку палеобатиметрии и восстановление истории развития бассейна.

Цели и задачи

Целью работы является характеристика строения и условий формирования нижнемеловой ачимовской толщи, а так же оценка её углеводородного потенциала в пределах Большехетской впадины. Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- Детальное сиквенс-стратиграфическое расчленение неокомского интервала разреза на основе комплексной интерпретации геолого-геофизической информации;
- Построение структурного каркаса неокомского клиноформенного комплекса с учетом влияния скоростных неоднородностей геологического разреза изучаемой территории;
- Выделение ачимовской толщи и изучение особенностей её строения на основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки, геофизических исследований скважин (ГИС) и результатов сиквенс-стратиграфического анализа;
- Реконструкция условий формирования неокомского клиноформенного комплекса и, в том числе, приуроченной к нему ачимовской толщи: изменения уровня моря, палеобатиметрии бассейна, положения источника сноса и направления перемещения материала;
- Восстановление истории формирования бассейна и оценка углеводородного потенциала ачимовской толщи на основе применения метода трехмерного бассейнового моделирования.

Научная новизна

- Впервые получены результаты сиквенс-стратиграфического анализа отложений неокомского надгоризонта в пределах Большехетской впадины, что позволило детализировать строение и восстановить историю формирования исследуемых отложений.

- Уточнено стратиграфическое положение ачимовской толщи в пределах Большехетской впадины. Установлена разновозрастность и омолаживание отложений ачимовской толщи в направлении с востока на запад.
- Установлены условия формирования неокомского клиноформенного комплекса и, в том числе, ачимовской толщи. Оценен характер изменения во времени уровня моря, морфологии дна бассейна, положения источника сноса и направления перемещения материала.
- Установлено пространственное распространение ачимовской толщи, выявлены особенности её строения в пределах Большехетской впадины. Локализованы четыре геологических объекта сопоставляемых с ачимовскими отложениями.
- На основе результатов обобщения всей имеющейся по району исследования геолого-геофизической информации проведена реконструкция истории осадконакопления, погружения и прогрева осадочного чехла Большехетской впадины.

Практическая значимость

- Впервые проведена оценка углеводородного потенциала ачимовской толщи методом трехмерного бассейнового моделирования.
- На основании проведенного исследования даны рекомендации по оптимизации последующих геологоразведочных работ (площади проведения сейсмических исследований и бурения разведочных скважин).
- Выделены наиболее перспективные на нефть и газ участки для проведения последующих исследований.

Методология и методы исследования

Исследование условий формирования и особенностей строения неокомского клиноформенного комплекса и приуроченной к нему ачимовской толщи основывалось на комплексировании результатов различных геолого-геофизических исследований включающих в себя интерпретацию сейсмических материалов, данных ГИС и сиквенс-стратиграфический анализ. Оценка УВ потенциала ачимовской толщи осуществлялась методом трехмерного бассейнового моделирования углеводородных систем.

Для оценки изменений морфологии дна бассейна седиментации во времени проводилось построение схем палеобатиметрии. На территории

исследования неокомский клиноформенный комплекс неравномерно освещен керновыми данными и при такой степени изученности для определения значения палеоглубин (палеобатиметрии) возможно применение метода анализа толщин, как показателя отражающего в определенной степени изменения характера палеорельефа. Основой для восстановления палеоморфологических обстановок седиментации является информация о накопленных толщинах осадков между заданной поверхностью подошвы анализируемого стратиграфического интервала и вышележащей поверхностью выравнивания, а также информация об эвстатических изменениях уровня моря.

В основе сиквенс-стратиграфического анализа лежит идея о зависимости морфологии седиментационных тел от условий их формирования. Сиквенс представляет собой относительно согласную последовательность генетически связанных слоев, ограниченную несогласиями или коррелятивными им согласными поверхностями. Путем выявления по результатам сейсмических исследований несогласий, разделяющих различные осадочные тела, возможно определение и классификация системных трактов по отношению к направлению и скорости изменения относительного уровня моря.

На завершающей стадии исследования метод трехмерного бассейнового моделирования УВ-систем позволил восстановить историю погружения Большехетской впадины, эволюцию элементов нефтегазоносных систем (нефтегазоматеринских отложений, коллекторов и покрышек), а также оценить УВ потенциал ачимовской толщи.

Защищаемые положения

1. В пределах Большехетской впадины в интервале неокомского надгоризонта выделено три полных и два неполных сиквенса отождествленных с региональными клиноформами заполняющими бассейн с востока на запад. Отложения ачимовской толщи выделены в пределах пород трактов низкого стояния уровня моря Тагринского и Самотлорского сиквенсов, пород тракта высокого стояния уровня моря Коликъеганского сиквенса, а так же в основании трансгрессивной системы трактов Тагринского сиквенса.

2. Эрозия Нижнемессояхского мегавала способствовала формированию Мессояхского шлейфового тела. Оно служило барьером для распространения песчаных осадков, ограничивая область аккумуляции пород ачимовской толщи.

3. Результаты бассейнового моделирования помогли установить, что фаза активной генерации и миграции углеводородов из нефтематеринских пород баженовского горизонта началась после образования ловушек в ачимовском комплексе. Это обусловило формирование залежей УВ, вследствие чего, ачимовская толща в пределах Большехетской впадины характеризуется высокими перспективами нефтегазоносности.

Степень достоверности результатов

Изучение строения и условий формирования неокомского клиноформенного комплекса и приуроченной к нему ачимовской толщи проводилось с учетом всей имеющейся геолого-геофизической информации.

Калибровка результатов симуляции на фактические данные – это необходимый шаг, позволяющий уменьшить неопределенность результатов моделирования и повысить достоверность бассейновой модели. Для калибровки истории эволюции теплового потока использовались значения отражательной способности витринита, которая указывает на степень катагенетической преобразованности нефтематеринских пород, и замеры пластовой температуры.

Для контроля пластового давления и прогноза его изменения в процессе геологической истории развития Большехетской впадины была произведена калибровка смоделированных пластовых давлений на фактические данные.

Большинство смоделированных залежей показывают хорошую сходимость с результатами бурения по уже открытым месторождениям Большехетской впадины – коэффициент сходимости равен 0.92.

Результаты моделирования подтверждены скважиной 11Р, при опробовании которой из отложений ачимовской толщи был получен промышленный приток УВ.

Таким образом, результаты моделирования характеризуются хорошей сходимостью с фактическими данными, что свидетельствует о корректном восстановлении истории развития бассейна.

Апробация работы

Промежуточные и итоговые результаты работы докладывались на международных и всероссийских конференциях:

- III Конференция молодых ученых и специалистов ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» с докладом «Особенности зон АВПД в неокомских клиноформах Большехетской впадины»;
- Конференция «Тюмень-2013: новые геотехнологии для старых провинций» с докладом «Перспективы нефтегазоносности Большехетской впадины по результатам 2D бассейнового моделирования»;
- Конференция "Губкинские чтения 2013" с докладом «Бассейновое моделирование Большехетской впадины»;
- First EAGE Workshop on Basin & Petroleum Systems Modeling «Advances of Basin and Petroleum Systems. Modeling in Risk and Resource Assessment» с докладом «A Quest for Stratigraphic traps within the mature basin (West Siberia): Remaining Hydrocarbon Potential of the Bolshekhetskaya Depression (3D Petroleum System Modeling) ».
- I встреча пользователей Petromod с докладом «Моделирование УВ систем территорий характеризующихся сложным геологическим строением»;
- Геолого-технологический региональный форум ГРР по ачимовской толще с докладом «Региональный анализ перспектив нефтегазоносности ачимовских отложений Большехетской впадины».

Публикации. По теме диссертации опубликовано три работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ, и одна работа – в рецензируемых научных журналах входящих в перечень ВАК Минобрнауки.

Личный вклад автора. Автор работы принимал непосредственное личное участие в исследовании неокомских отложений: выполнен сиквенс-стратиграфический анализ и выделены тела ачимовской толщи, выполнена стратификация неокомского интервала разреза, реконструированы условия осадконакопления исследуемых отложений. На основании обобщения всей имеющейся геолого-геофизической информации была построена трехмерная бассейновая модель Большехетской впадины, что позволило реконструировать историю развития изучаемого региона.

Структура и объем работы

Диссертационная работа содержит 148 страниц текста, состоит из 5 глав, введения и заключения. Работа проиллюстрирована 93 рисунками, содержит 3 таблицы. Список использованной литературы насчитывает 69 наименований.

Автор выражает искреннюю благодарность за оказанную помощь при работе над диссертацией, за советы и консультации научному руководителю профессору д.г.-м.н. Копаевич Людмиле Федоровне, заведующему кафедрой Региональной геологии и истории Земли профессору д.г.-м.н. Никишину Анатолию Михайловичу, доценту Панову Дмитрию Ивановичу, профессору д.г.-м.н. Барабошкину Евгению Юрьевичу, доценту к.г.-м.н. Ершову Андрею Викторовичу и всей кафедре Региональной геологии и истории Земли МГУ им. Ломоносова, к.г.-м.н. Колоскову Василию Николаевичу, Богданову Олегу Александровичу, д.г.-м.н. Страхову Павлу Николаевичу, к.т.н. Истомину Сергею Борисовичу, к.г.-м.н. Надежину Дмитрию Владимировичу, к.г.-м.н. Мусихину Владимиру Александровичу, Мусихину Константину Владимировичу, Костенко Ольге Владимировне и всему коллективу Центра развития геологоразведочных технологий ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, степень её разработанности, сформулированы цели и задачи исследования, охарактеризована научная новизна и практическая ценность работы, методология диссертационного исследования, приведены защищаемые положения, а так же степень достоверности и апробация результатов.

Глава 1. Фактический материал

Первая глава посвящена описанию фактического материала. Основой для проведения работы послужил комплекс геолого-геофизической информации, включающий в себя результаты интерпретации ГИС и сейсмических материалов, а также исследований керна.

Осадочный чехол Большехетской впадины характеризуется неравномерной изученностью, как по площади, так и по разрезу. Большая часть исследуемой территории охарактеризована исключительно сейсмическими данными, тогда как скважины преимущественно локализованы в пределах крупных положительных структур. Разрез Большехетской впадины изучен бурением, главным образом, до верхов неокомского надгоризонта включительно. Нижненеокомские и юрские породы вскрыты только двумя скважинами. По данным скважин в работе использовались материалы ГИС, РИГИС, геохимических исследований и результатов опробования скважин, определения фильтрационно-ёмкостных свойств, описания керна и шлама.

Таким образом, исследование особенностей строения и условий формирования неокомского клиноформенного комплекса и приуроченной к нему ачимовской толщи, главным образом, основывалось на комплексировании результатов интерпретации сейсмических материалов 2D, 3D и геолого-геофизических материалов по двум скважинам.

Для восстановления истории развития бассейна и оценки углеводородного потенциала ачимовской толщи была построена трехмерная бассейновая модель углеводородных систем. При построении данной модели привлекался весь имеющийся геолого-геофизический материал включающий в себя:

- Результаты интерпретации 506 сейсмических профилей 2D и трех сейсмических кубов 3D;
- Результаты интерпретации ГИС в 63 скважинах;
- Результаты лабораторных определений фильтрационно-ёмкостных свойств по материалам керна из 60 скважин (всего 2519 образцов);
- Описание керна и шлама двух скважин из интервала разреза приуроченного к низам неокомского надгоризонта;
- Результаты пиролиза керна из трех скважин;
- Результаты испытаний и опробований в 55 скважинах, включающих в себя определения пластовых давлений, температур и интервалов притоков флюидов.

Глава 2. Методика исследования

Во второй главе рассмотрены методы исследования, которые были использованы для изучения строения и восстановления условий формирования ачимовской толщи. В разделах 2.1, 2.2, 2.3 приведена информация по восстановлению палеобатиметрии, сиквенс-стратиграфическому анализу и бассейновому моделированию соответственно.

Глава 3. Геологическое строение Большехетской впадины

В третьей главе приведены общие сведения о геологическом строении и истории изучения Большехетской впадины.

В разделе 3.1 кратко описаны основные этапы исследования территории Большехетской впадины.

В разделе 3.2 кратко описывается тектоническое положение изучаемого региона и история его развития.

В следующем разделе приведена литолого-стратиграфическая характеристика разреза исследуемой территории. Стратиграфический интервал осадочного чехла Большехетской впадины охватывает породы от триасовых до четвертичных. Отложения чехла представлены терригенными породами морского, переходного и континентального генезиса.

Представления о строении и стратиграфии неокомских отложений Западной Сибири формировались в течение практически 50 лет. Согласно утвержденным стратиграфическим схемам в пределах Западно-Сибирской молодой платформы меловая система разделяется на три надгоризонта: (берриас-нижнеаптский (неокомский), апт-альб-сеноманский и турон-маастрихский). В рамках берриас-нижнеаптского надгоризонта в пределах рассматриваемой зоны выделяются Уренгойско-Пурпейский, Тазовский и Енисей-Хатангский районы.

Принятая на сегодняшний день схема стратиграфического расчленения неокомского интервала разреза на ряд структурно-фациальных районов, каждый из которых характеризуется своим собственным набором свит, не отражает в полной мере всю сложность строения данных отложений. В связи с данным фактом и для простоты изложения в работе для описания стратификации разреза используются свиты Енисей-Хатангского фациального района. Таким образом, выделяется три свиты: нижнехетская $K_1b_2-v_1$ - (соответствующая мегионской и сортымской), суходудинская - $K_1v_2-h_1$ (соответствующая заполярной и нижней части тангаловской) и малохетская - $K_1h_2-a_1$ (соответствующая верхней части тангаловской).

Осадки неокомского надгоризонта аккумуляровались в условиях направленного преимущественно с востока на запад некомпенсированного бокового наращивания разреза. В результате лавинной седиментации на фоне колебаний уровня моря образовался последовательный ряд клиноформенных тел, каждое из которых характеризуется индивидуальными морфологическими и структурно-фациальными особенностями. В рамках одного сиквенса, как правило, можно выделить несколько различных клиноформ.

В пределах единого седиментационного тела клиноформы можно выделить ряд зон: шельфовую (ундаформенную), склоновую (ортоформенную) и бассейновую (фондоформенную). Стратиграфический возраст клиноформенного комплекса омолаживается в направлении с востока на запад. Таким образом, граница между фондоформенно-ортоформенными и ундаформенными образованиями является скользящей во времени.

Изучению строения ачимовской толщи посвящены труды Арефьева С.В., Бейзеля А.Л., Бинштока М.М., Бородкина В.Н., Брадучана Ю.В., Брехунцова А.М., Брылиной Н.А., Высоцкого В.Н., Гогоненкова Г.Н., Гурари Ф.Г., Ершова С.В., Жаркова А.М., Игошкина В.П., Казаненкова В.А., Камыниной Л.И., Карогодина Ю.Н., Корнеева В.А., Кулахметова Н.Х., Кунина Н.Я., Курчикова А.Р., Левинзона И.Л., Мельникова Н.В., Михайлова Ю.А., Мкртчяна О.М., Наумова А.Л., Нежданова А.А., Никитина В.М., Онищука Т.М., Суркова В.С., Трушковой Л.Я., Ухловой Г.Д., Шлезингера А.Е., Ясовича Г.С., и многих других.

Согласно современным представлениям, ачимовская толща представляет собой совокупность разновозрастных пород объединенных лишь сходством их вещественного состава, морфологии и условий их седиментации. К ачимовской толще относят песчано-алевритовые отложения, локализованные в фондоформенной и ортоформенной частях неокомских клиноформ (рис. 3). Таким образом, ачимовская толща представляет собой отложения терригенных фанов, накопление которых осуществлялось в относительно глубоководных обстановках.

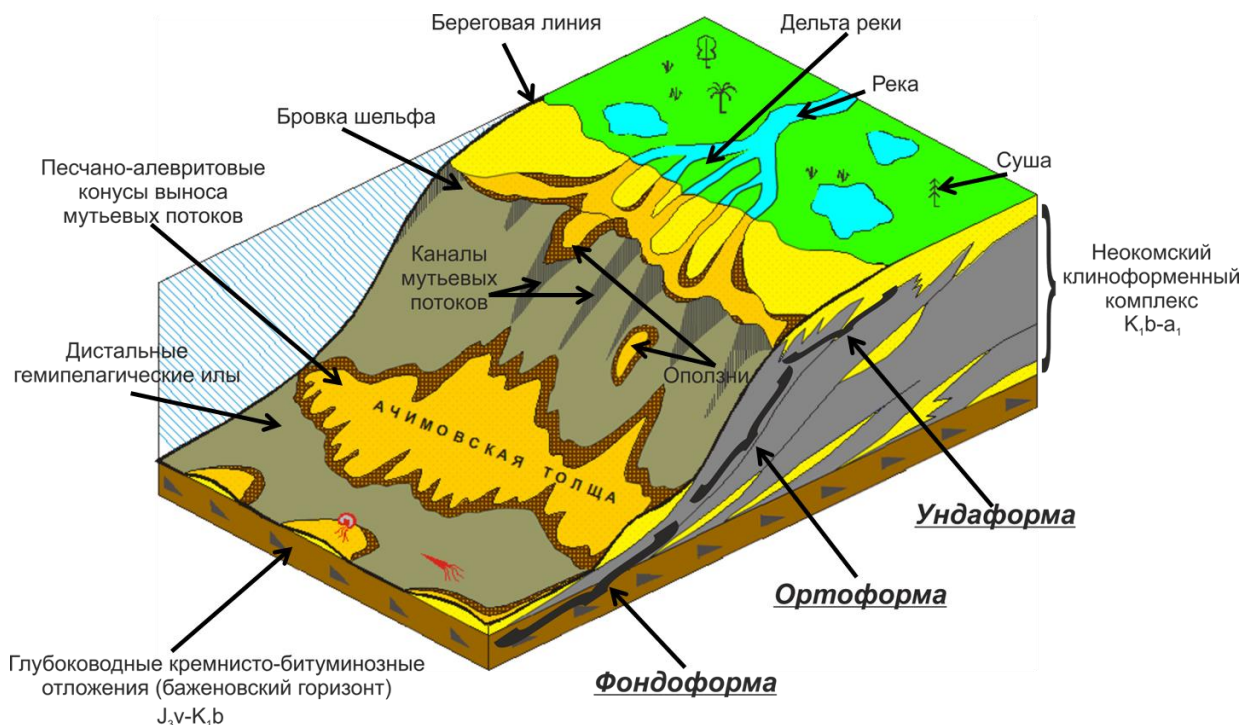


Рисунок 3. Положение ачимовской толщи в клиноформенном комплексе (по материалам Нежданова А.А., 2004)

Глава 4. Особенности строения и условий седиментации неокомского клиноформенного комплекса, в том числе приуроченной к нему ачимовской толщи

Четвертая глава непосредственно посвящена результатам изучения неокомского клиноформенного комплекса. На первом этапе исследований на основе сейсмических и скважинных материалов произведена стратификация неокомских отложений. В неокомском интервале разреза прослеживается ряд сейсмических отражающих горизонтов (ОГ): Б, H_5^{00} , H_4^{00} , H_3^{00} , H_2^{00} . Отражающий горизонт Б прослежен вблизи кровли баженовского горизонта юрской системы и отождествляется с подошвой неокомского комплекса. ОГ H_2^{00} ассоциируется с кровлей суходудинской свиты, рассматривающейся в качестве верхней границы неокомского комплекса. Перечисленные выше отражающие горизонты служат границами крупных стратиграфических подразделений и являются кровлями отдельных клиноформ. В пределах Большехетской впадины отложения неокомского комплекса залегающие выше ОГ H_3^{00} представлены только своей ундаформенной частью, а клиноформы и фондоформы выделяются к западу от изучаемой территории.

С целью детализации строения неокомского клиноформенного комплекса были прослежены дополнительные ОГ, соответствующие стратонам меньшего порядка: H_5^{30} , H_5^{20} , H_5^{10} , H_4^{50} , H_4^{30} , H_3^{30} , H_3^{10} . Далее проведено сопоставление прослеженных седиментационных тел с ранее установленными региональными клиноформами. В результате, в пределах Большехетской впадины в неокомском комплексе выделено 9 клиноформ: Туколандо-Вадинская, Варейская, Коликъеганская, Российская, Пякяхинская, Самотлорская, Мессояхская, Урьевская и Асомкинская. На следующем этапе исследования, построенные на основе прослеженных на временных сейсмических профилях отражающих горизонтов карты изохрон были преобразованы в структурные поверхности.

Для проведения сиквенс-стратиграфического анализа были выбраны профили преимущественно субширотной ориентировки. Суммарная длина сейсмических профилей участвовавших в сиквенс-стратиграфическом анализе превышает 2 тысячи погонных километров. Пример результатов сиквенс-стратиграфического анализа по одному из региональных профилей представлен на рисунке 4.

С востока на запад Большехетской впадины в интервале неокомского клиноформенного комплекса выделено три полных и два неполных сиквенса, каждый из которых включает в себя одно или несколько ранее выделенных к клиноформенных тел (рис. 5). Самый первый неокомский сиквенс

(Коликъеганский) представлен только трактом высокого уровня моря. За ним следуют три полных сиквенса: Тагринский, Самотлорский и Урьевский. Сформированный на заключительном этапе Асомкинский сиквенс представлен только трактом высокого уровня моря.

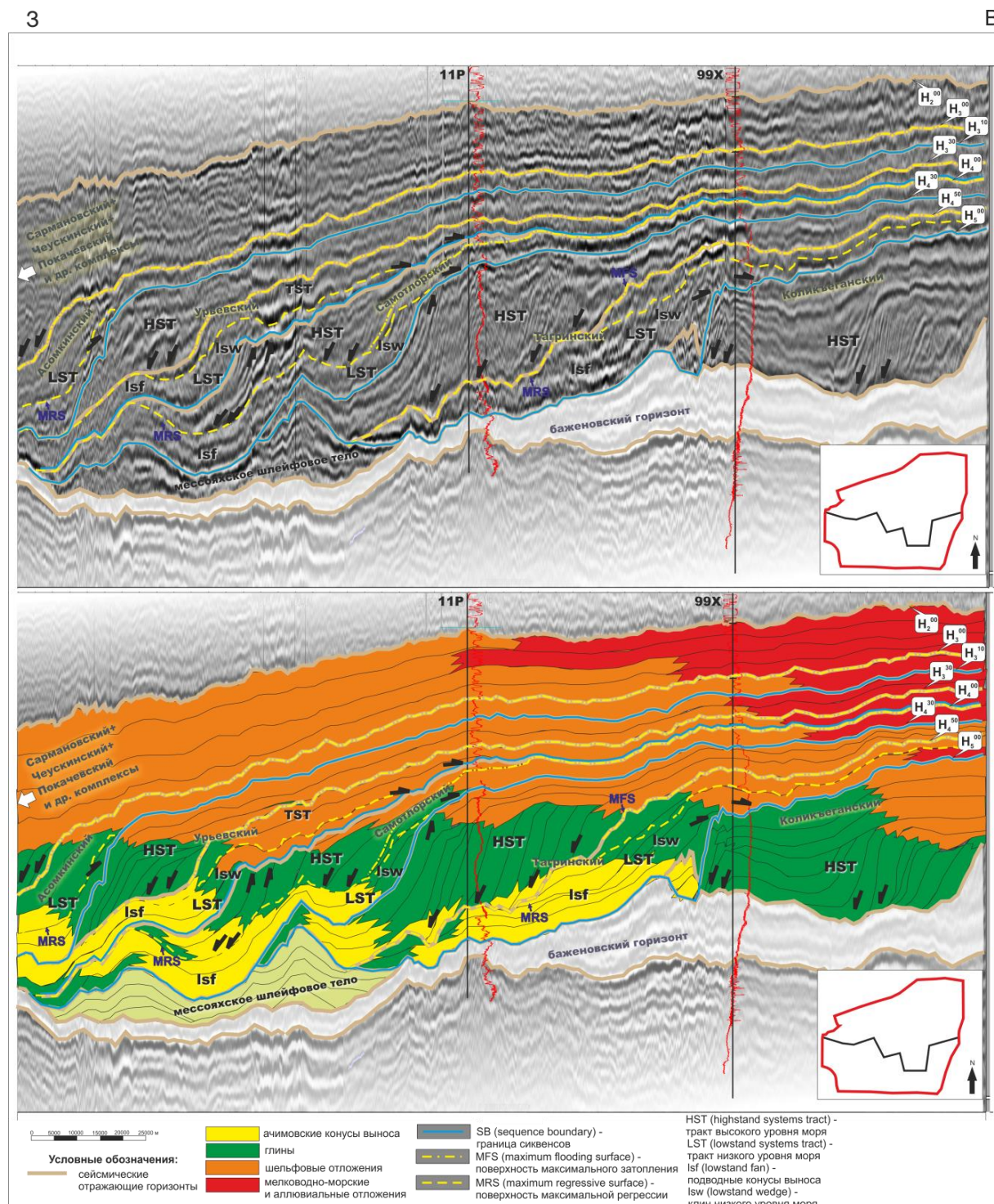


Рисунок 4. Пример сиквенс-стратиграфического расчленения неокомского клиноформенного комплекса по композитному профилю

Для севера Западной Сибири характерно близкое к субмеридиональному простирание неокомских клиноформ с постепенной проградацией комплекса в северо-западном направлении. Однако, в пределах Большехетской впадины ряд клиноформенных тел ориентирован иначе. Данная особенность связана с образованным на рубеже юрского и мелового периодов Нижнемессояхским мегавалом, ограничивающим Большехетскую впадину с севера. Формирование мегавала привело к изменению палеоморфологии бассейна седиментации, что и обусловило изменение регионального простирания ряда неокомских клиноформ, приуроченных к Коликъеганскому и Тагринскому сиквенсам.

Опираясь на сопоставление результатов анализа имеющегося кернового материала и оценки палеобатиметрии можно сделать предположение об условиях формирования пород приуроченных к различным системным трактам. Как правило, начало формирования клиноформы приурочено к этапу падения уровня моря. На данной стадии в сравнительно глубоководных частях бассейна и у подножья склона формируются подводные терригенные конусы выноса. Накопленные таким образом осадки формируют фондоформенную часть клиноформы и представляют собой породы тракта низкого стояния уровня моря (LST).

Система	Отдел	Ярус	Свита	Сиквенс	Клиноформа	Относительные колебания уровня моря, м.	
						Макс.	Мин.
Меловая	Нижний	Готеривский	Малохетская	Не выделялись			
			Суходудинская	Асомкинский	Асомкинская		
		Урьевский		Урьевская			
				Мессояхская			
		Валанжинский	Самотлорский	Самотлорская			
		Нижнехетская	Тагринский	Пякахинская			
				Российская			
			Коликъеганский	Коликъеганская			
				Варейская			
				Туколандо-Вадинская			
Берриаский							
	Юрская	Верхний	Баженовский горизонт	Не выделялись			
Титонский							

Рисунок 5. Соответствие выделенных сиквенсов и клиноформ этапам колебания уровня моря (с привлечением материалов Naq Bilal U. и др., 1998)

При последующем подъеме уровня моря (соответствующем трансгрессивному тракту - TST) осадконакопление постепенно смещается в сторону берега. На стадии максимальной трансгрессии (тракт высокого стояния уровня моря - HST) породы главным образом накапливаются на шельфе. Таким образом, породы, относящиеся к HST и TST, могут формироваться как в относительно глубоководных, так и в мелководных условиях. В первом случае они сложены преимущественно глинистыми разностями и отвечают склоновой обстановке осадконакопления, во втором случае – шельфовым фациям, которые представлены переслаиванием песчаников и алевролитов с прослоями более глинистых разностей.

Помимо классических клиноформенных тел, по результатам интерпретации сейсмических данных, в основании нижнемеловых отложений выделяется локально развитое Мессояхское шлейфовое тело. Данный объект распространен на западе территории исследования у подножья Нижнемессояхского мегавала. Формирование рассматриваемого седиментационного тела осуществлялось в области удаленной от региональных источников сноса в относительно глубоководных условиях. Учитывая, что одновременно с образованием данного тела происходил рост крупной положительной структуры – Нижнемессояхского мегавала, где размыты отложения верхне- и частично среднеюрского отделов, можно предположить, что данный объект сформировался за счет эрозии пород слагающих Нижнемессояхский мегавал. Размывались и переоткладывались, в основном, верхнеюрские глинистые отложения приуроченные к баженовскому горизонту и, в меньшей степени, среднеюрские песчано-алевритовые породы малышевской свиты. Таким образом, Мессояхское шлейфовое тело, вероятнее всего, сложено слабопроницаемыми глинисто-алевритисто-песчаными породами.

Для времени накопления исследуемых отложений характерно чередование этапов трансгрессии и регрессии. Во время падения уровня моря осадконакопление осуществлялось преимущественно в центральной части бассейна. При последующем подъеме уровня моря область активного осадконакопления смещается в сторону берега. Для регрессивных этапов максимальные глубины оцениваются в интервале от 500 до 600 метров, для трансгрессивных этапов – от 650 до 900 метров. На протяжении всего времени формирования неокомского клиноформенного комплекса дно бассейна седиментации характеризуется региональным уклоном с востока на запад под углами порядка 0,5 градусов. Области максимальных значений угла наклона рельефа приурочены к бровкам палеошельфа и к склонам

Нижнемессояхского мегавала, где они могли достигать 2-2.5 градусов. Осадочный материал поступал в бассейн главным образом с востока (вероятнее всего с Сибирской платформы). На ранних стадиях образования неокомских отложений дополнительным источником кластического материала служил Нижнемессояхский мегавал.

Основываясь на результатах выполненных исследований, был проведен анализ строения неокомских клиноформ с целью локализации ачимовских отложений. На сейсмических разрезах тела ачимовской толщи уверенно выделяются по наличию несогласия типа подошвенного прилегания. Результаты анализа характера динамической картины сейсмических отражений позволили спрогнозировать преобладающий литологический состав выделяемых объектов. Так тела ачимовской толщи, сложенные преимущественно песчано-алевритовыми породами, характеризуются яркими сейсмическими отражениями с пониженной частотой. При наличии менее ярких амплитуд (соответствующих таковым для вмещающих пород) можно говорить о преобладании глинистой составляющей в ачимовских телах.

Тела ачимовской толщи сложенные преимущественно песчано-алевритовыми породами выделены в составе Коликъеганского, Тагринского и Самотлорского сиквенсов. Пример выделенных ачимовских тел представлен на рисунке 6.

В Самотлорском и Тагринском сиквенсах тела ачимовской толщи выделяются в рамках LST и соответствуют эпизодам максимальных падений уровня моря в бассейне. В Коликъеганском сиквенсе ачимовская толща выделяется в составе второй половины тракта HST и соответствует отложениям, накопленным на начальных стадиях регрессии бассейна. Так же тела ачимовской толщи выделены в низах TST Тагринского сиквенса и приурочены к породам, аккумулярованным на начальных этапах трансгрессии.

Таким образом, формирование всех выделенных тел ачимовской толщи связано либо с эпизодами падения уровня моря, либо с началом трансгрессии. Данные результаты не противоречат концепции формирования исследуемых отложений, согласно которой ачимовская толща сложена осадками подводных конусов выноса.

Наиболее значительные по площади и по объему материала конусы выноса формируются на этапах относительного снижения уровня моря во время формирования системных трактов низкого уровня моря (LST). Так же конусы выноса могут быть приурочены ко второй половине HST

соответствующей началу регрессии. В пределах Большехетской впадины подобный объект выделен в Коликъеганском сиквенсе. Значительно меньшими по объему и площади характеризуются конусы выноса, сформированные на начальных этапах повышения уровня моря (соответствующих началу формирования TST) и на начальных этапах регрессии (вторая половина HST).

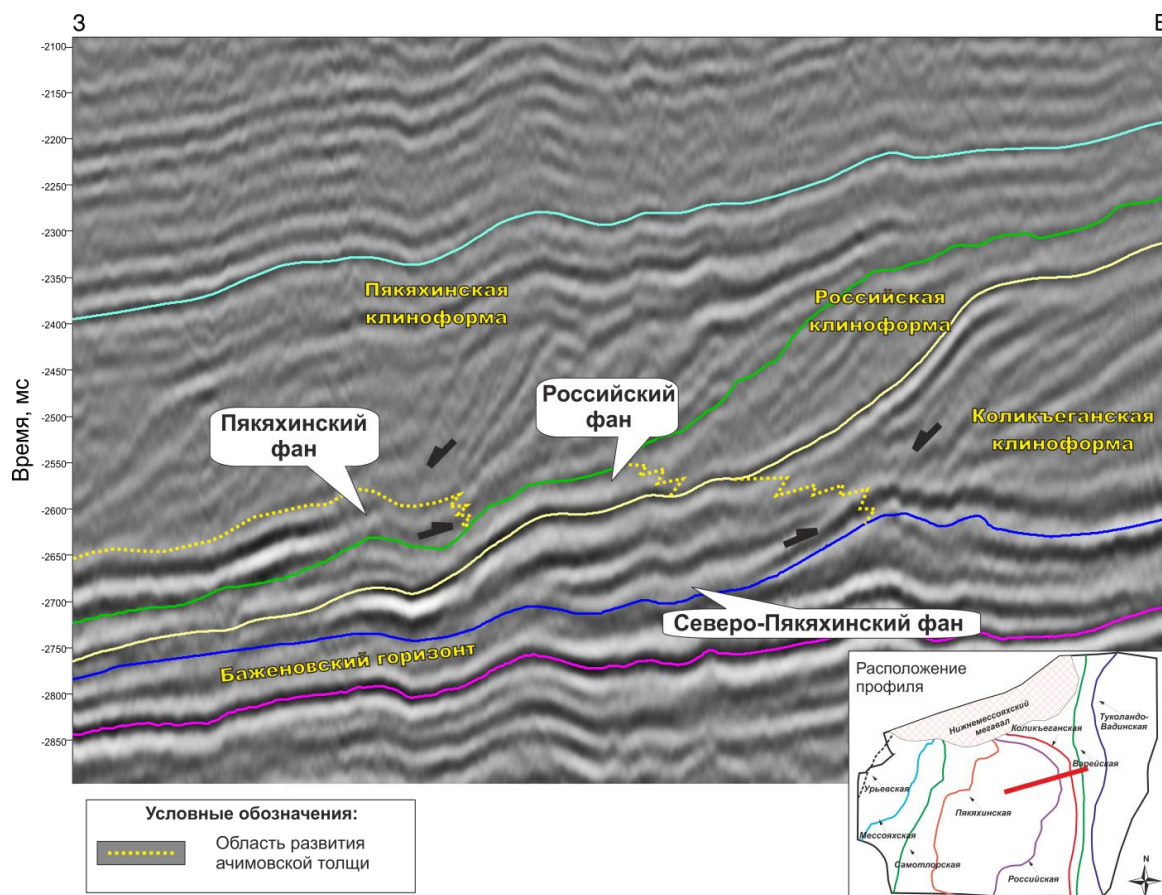


Рисунок 6. Отображение на сейсмическом разрезе Северо-Пяяхинского, Российского и Пяяхинского фанов

Аккумуляция пород ачимовской толщи осуществлялась в сравнительно глубоководных частях бассейна. Области распространения ачимовских осадков главным образом локализованы у подножья положительных структур (склонов, локальных поднятий и т.п.).

При сопоставлении области развития отложений Мессояхского шлейфового тела с областью развития выделенных ачимовских отложений видно, что в пределах развития Мессояхского шлейфового тела ачимовский комплекс либо отсутствует, либо существенно редуцирован. Таким образом, можно предположить, что по окончании своего формирования Мессояхское шлейфовое тело служило барьером на пути распространения песчаных

осадков неокомских клиноформ в северном и в западном направлениях и, таким образом, ограничивал область распространения фондоформенных осадков более поздних клиноформ.

Глава 5. Модель формирования бассейна и оценка перспектив нефтегазоносности ачимовской толщи

В пятой главе содержатся результаты восстановления геологической истории формирования исследуемой территории путем проведения трехмерного бассейнового моделирования. Построенная модель позволяет проследить историю заполнения бассейна осадками, восстановить эволюцию прогрева отложений, а также выявить зоны нефтегазонакопления.

Построение бассейновой модели

Для формирования структурного каркаса модели по скважинным и сейсмическим данным были построены поверхности кровель основных стратиграфических комплексов, начиная от подошвы триасовой системы и заканчивая дневной поверхностью. С целью учета особенностей строения неокомского клиноформенного комплекса в модель были включены поверхности соответствующие различным элементам клиноформ.

На основе результатов сиквенс-стратиграфического анализа, материалов ГИС и материалов исследований керна составлены фациально-литологические схемы, необходимые для прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и покрышек в потенциальных резервуарах.

Для выявления палеорельефа, путей транспортировки и особенностей накопления осадков в проект были загружены данные палеобатиметрии.

Свойства флюидоупоров оказывают влияние на возможность формирования залежей и на их сохранность. Покрышки выделялись на основании результатов сиквенс-стратиграфического анализа и интерпретации ГИС.

В разрезе Большехетской впадины было выделено 10 нефтегазоматеринских толщ различного возраста от триасового до юрского. Максимальным генерационным потенциалом характеризуются породы верхнеюрско-нижнемелового баженовского горизонта.

Результаты моделирования

По результатам бассейнового моделирования оценены: общая масса сгенерированных и накопленных УВ, потери УВ при миграции, а так же остаточный генерационный потенциал нефтегазоматеринских пород.

Дополнительно оценено влияние особенностей строения неокомского клиноформенного комплекса на распределение пластовых давлений и на характер нефтегазоносности в регионе.

На сегодняшний день промышленная нефтегазоносность Большехетской впадины главным образом связана с отложениями меловой системы. Основным источником УВ при этом является верхнеюрско-нижнемеловая нефтегазоматеринская толща баженовского горизонта, подстилающая отложения неокомского клиноформенного комплекса. Особенности строения неокомского клиноформенного комплекса оказывают существенное влияние на характер миграции УВ из баженовского горизонта (рис. 7). Так, в западной и восточной частях Большехетской впадины вертикальная миграция флюидов затруднена ввиду наличия преимущественно глинистых отложений приуроченных к Мессояхскому шлейфовому телу и клиноформам Коликъеганского сиквенса. Так как в центральной части Большехетской впадины отсутствовали породы затрудняющие вертикальную миграцию УВ из баженовского горизонта именно с этой областью связана максимальная интенсивность миграции и максимальный этаж нефтеносности.

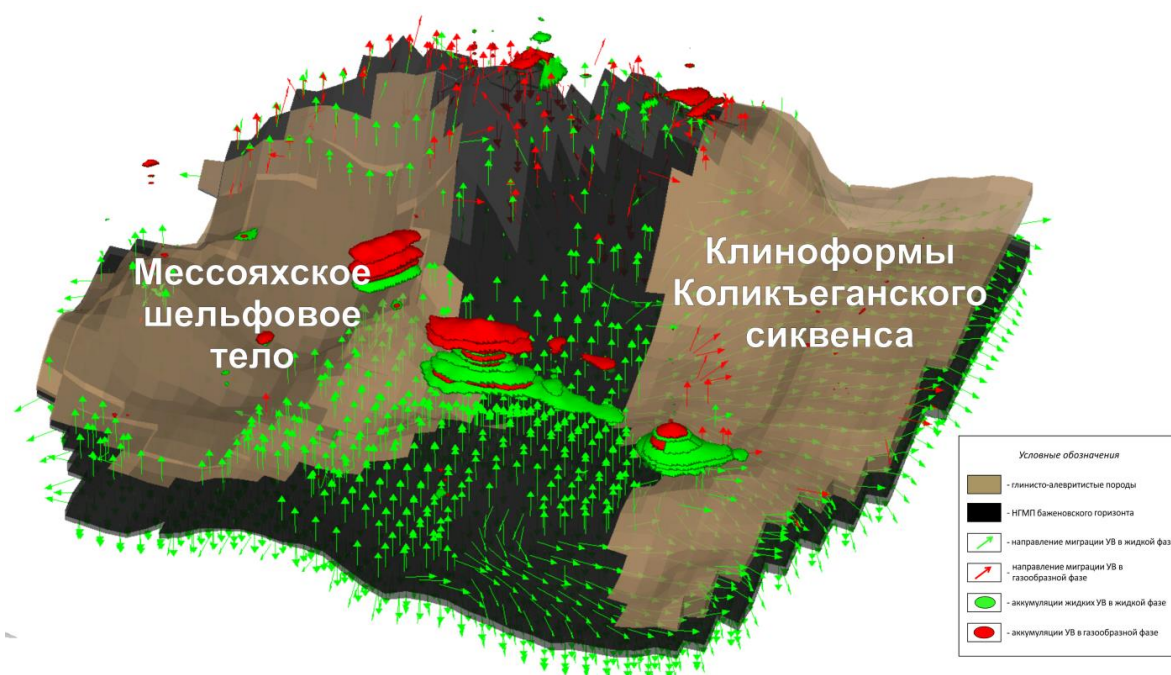


Рисунок 7. Характер миграции УВ в неокомском клиноформенном комплексе

Дополнительно бассейновое моделирование позволило оценить пространственное распределение пластового давления в неокомском и юрском интервалах разреза. Области АВПД, выделяемые по скважинным

данным, приурочены к значительным по толщине глинистым прослоям, выделяемым в клиноформах Коликъеганского, Тагринского и Самотлорского сиквенсов, а так же в Мессояхском шлейфовом теле. Главным образом избыточное давление формируется за счет интенсивной генерации УВ породами баженовского горизонта при затрудненной их эмиграции из нефтематеринских толщ. Дополнительно учитывался литогенетический фактор формирования АВПД, связанный с недоуплотнением пород при высокой скорости седиментации за счет затрудненного оттока порового флюида.

Ключевым условием аккумуляции УВ является существование ловушек на момент интенсивной генерации нефти и газа, а также относительный спокойный тектонический режим, способствующий сохранению залежей УВ. Для баженовского горизонта фаза активной генерации углеводородов началась после формирования ловушек в ачимовском комплексе. Последующая тектоническая перестройка территории в олигоценовую эпоху не оказала серьезного влияния на ловушки в исследуемом интервале (рис. 8).

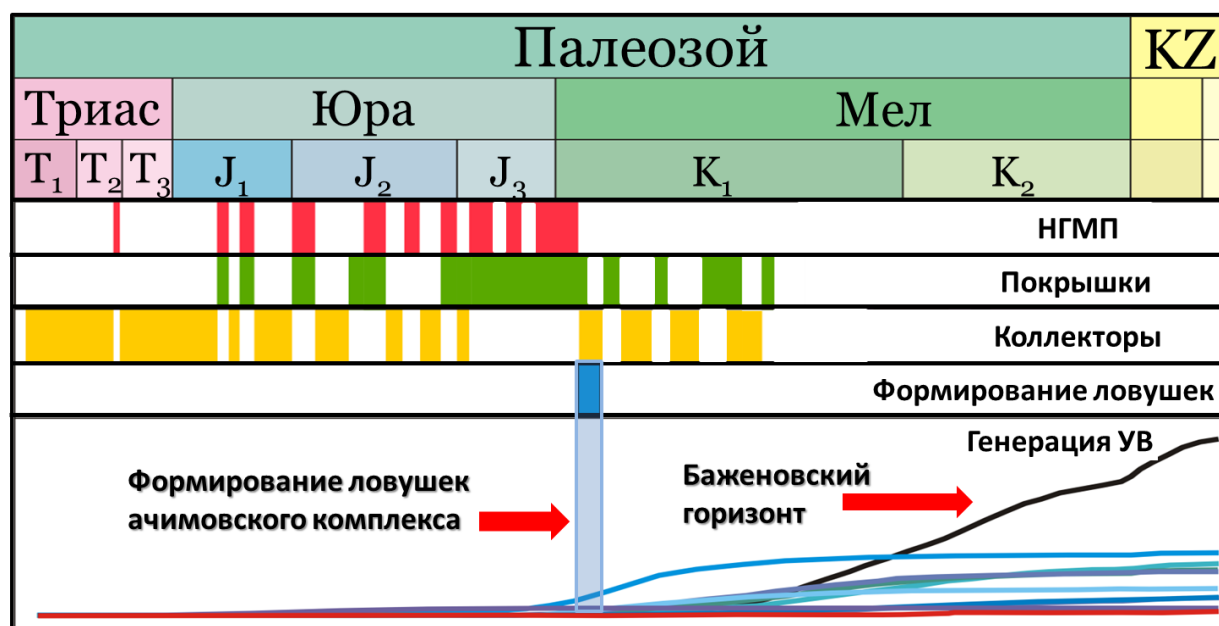


Рисунок 8. Сопоставление времени формирования ловушек в ачимовском комплексе с генерацией УВ

По результатам бассейнового моделирования залежи в ачимовском комплексе приурочены к Коликъеганскому, Тагринскому и Самотлорскому сиквенсам. Залежи относятся как к структурным, так и неструктурным ловушкам. Структурные залежи, как правило, приурочены к локальным

поднятия в фондоформенных частях клиноформ. Неструктурные залежи локализуются в зонах выклинивания ачимовских песчаных отложений.

По результатам моделирования залежи, приуроченные к ачимовскому комплексу, большей частью насыщены углеводородами в жидкой фазе. Согласно полученным результатам, в ачимовском комплексе содержится порядка 29% от общего объема УВ аккумулированных в пределах Большехетской впадины, после неокомского покровного. Таким образом, ачимовский НГК является вторым комплексом по величине аккумулированных УВ в пределах изучаемой территории. Результаты моделирования подтверждены скважиной 11Р, при опробовании которой из отложений ачимовской толщи был получен промышленный приток УВ.

Заключение

На основе проведенного исследования установлены особенности строения и условий формирования неокомского клиноформенного комплекса и приуроченной к нему ачимовской толщи в пределах Большехетской впадины.

По материалам сейсморазведки в неокомском комплексе выделено и прослежено по площади девять клиноформенных тел, представляющих собой мегакосослоистые осадочные тела бокового наращивания относительно глубоководных впадин. Эти седиментационные тела ограничены сравнительно протяженными пачками глинистых пород, которые могут быть ассоциированы как с границами сиквенсов, так и с границами трактов.

Выделенное в основании нижнемеловых отложений Мессояхское шлейфовое тело имело локальное распространение и сформировалось в результате эрозии Нижнемессояхского мегавала и переотложения размытых осадков у его склона.

На основе проведения сиквенс-стратиграфического анализа в неокомских отложениях выделено пять сиквенсов третьего порядка. Самый древний Коликъеганский сиквенс отвечает тракту высокого стояния уровня моря. Тагринский, Самотлорский и Урьевский сиквенсы являются полными. Асомкинский сиквенс представлен только тактом низкого стояния.

Проградация неокомских клиноформ осуществлялась в основном в северо-западном направлении. Однако несколько клиноформ Коликъеганского и Тагринского сиквенсов имеют запад-северо-западное направление проградации. Подобная особенность строения связана с влиянием на палеоморфологию бассейна Нижнемессояхского мегавала ограничивающего Большехетскую впадину с севера.

На основе комплексирования результатов исследования керновых материалов, данных ГИС и сиквенс-стратиграфического анализа определены основные особенности условий седиментации каждой выделенной клиноформы. Для времени накопления исследуемых отложений характерно чередование этапов трансгрессии и регрессии. Во время падения уровня моря осадконакопление осуществлялось преимущественно в центральной части бассейна. При последующем подъеме уровня моря область активного осадконакопления смещается в сторону берега. Согласно проведенной оценке для регрессивных этапов максимальные глубины оцениваются в интервале от 500 до 600 метров, для трансгрессивных этапов – от 650 до 900 метров. Осадочный материал поступал в бассейн главным образом с востока. На ранних стадиях образования неокомских отложений дополнительным источником кластического материала служил Нижнемессояхский мегавал.

На основании результатов сиквенс-стратиграфического анализа проведено выделение пород ачимовской толщи, представляющей собой отложения относительно глубоководных конусов выноса. Наиболее значительные по площади и по объему материала конусы выноса формируются на этапах регрессии, во время формирования системных трактов низкого стояния уровня моря. Такие системы характерны для Тагринского сиквенса, а также в меньшей степени для Самотлорского и Урьевского сиквенсов. Так же конусы выноса могут быть приурочены ко второй половине HST соответствующей началу регрессии. В пределах Большехетской впадины подобный объект выделен в Коликъеганском сиквенсе. Значительно меньшие по объему и площади конусы выноса формируются на начальных этапах трансгрессии, например, в интервале TST Тагринского сиквенса.

С целью восстановления истории развития бассейна и оценки УВ потенциала ачимовской толщи проведено трехмерное бассейновое моделирование углеводородных систем. Согласно результатам моделирования основным источником УВ является верхнеюрская нефтегазоматеринская толща баженовского горизонта. Особенности строения неокомского клиноформенного комплекса оказывают влияние на характер миграции УВ из баженовского горизонта. Так, в западной и восточной частях Большехетской впадины вертикальная миграция флюидов затруднена ввиду наличия преимущественно глинистых отложений приуроченных к Мессояхскому шлейфовому телу и клиноформам Коликъеганского сиквенса. Так как в центральной части Большехетской впадины отсутствовали породы затрудняющие вертикальную миграцию УВ

из баженовского горизонта именно с этой областью связана максимальная интенсивность миграции и максимальный этаж нефтеносности. Таким образом, характер распределения зон нефтегазонакопления в отложениях меловой системы связан с особенностями строения неокомского клиноформенного комплекса.

Дополнительно бассейновое моделирование позволило оценить пространственное распределение пластового давления в неокомском и юрском интервалах разреза. Области АВПД, выделяемые по скважинным данным, приурочены к значительным по толщине глинистым прослоям, выделяемым в клиноформах Коликъеганского, Тагринского и Самотлорского сиквенсов, а так же в Мессояхском шлейфовом теле. Главным образом избыточное давление формируется за счет интенсивной генерации УВ породами баженовского горизонта при затрудненной их эмиграции из нефтематеринских толщ.

По результатам бассейнового моделирования залежи в ачимовском комплексе приурочены к Коликъеганскому, Тагринскому и Самотлорскому сиквенсам. Ачимовский НГК является вторым комплексом по величине аккумулированных УВ в пределах изучаемой территории. Результаты моделирования подтверждены скважиной 11Р, при опробовании которой из ачимовского интервала получен промышленный приток УВ.

На основании проведенной работы даны рекомендации по оптимизации последующих геологоразведочных работ. Предложены восемь точек для разведочного бурения: пять скважин для исследования самого крупного конуса выноса – Российского, и по одной скважине для Пякахинской, Самотлорской и Коликъеганской клиноформ. Так же даны рекомендации на постановку сейсмической съемки 2D в районе выделенных ачимовских тел.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

1. **Шуваев А.О.** Строение и нефтегазоносность неокомского клиноформенного комплекса в пределах Большехетской впадины. [Текст] / А.О. Шуваев // Геология нефти и газа. – 2015. - №4. С. 2-11
2. **Шуваев А.О.** Особенности формирования неокомского клиноформенного комплекса в пределах Большехетской впадины. [Текст] / А.О.Шуваев, О.А.Богданов, К.В.Мусихин, С.Б.Истомин, В.Н.Колосков //

Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. - Т.12. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/4/24_2017.pdf

3. Богданов О.А., Колосков В.Н., **Шуваев А.О.** Анализ эволюции углеводородных систем Большехетской впадины на основе применения метода бассейнового моделирования. [Текст] / О.А. Богданов, В.Н. Колосков, А.О. Шуваев, К.В. Мусихин, С.Б. Истомин, М.А. Боброва, П.С. Маглеванная// Геология нефти и газа. – 2017. - №4. С. 55-63

Статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Мусихин К.В., **Шуваев А.О.** Бассейновое моделирование Большехетской впадины. [Текст] / К.В.Мусихин, А.О.Шуваев // Вестник ЦКР Роснедра . – 2014. - №1. С. 19-23