

На правах рукописи



ГЛАДКОВ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ
СРЕДНЕНЮРОЛЬСКОЙ КУПОЛОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2007

Диссертационная работа выполнена на кафедре динамической геологии ГОУ ВПО «Томский государственный университет»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Валерий Петрович Парначев

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Иван Васильевич Гончаров,
лаборатория геохимии и пластовых нефтей,
ОАО «ТомскНИПИнефть-ВНК»

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент Олег Михайлович Гринев,
кафедра палеонтологии и исторической
геологии,
ГОУ ВПО «Томский государственный
университет»

Ведущая организация: Томский филиал института геологии нефти и
газа
СО РАН

Защита состоится 12 ноября 2007 г. в 14.30 на заседании диссертационного
совета К 212.267.04 при ГОУ ВПО «Томский государственный университет»
по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, гл. корпус, ауд. 154.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского госу-
дарственного университета по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина 34-а.

Автореферат разослан 8 октября 2007 года.

Учёный секретарь
Диссертационного совета



О.В. Бетхер

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Юрские отложения на территории Томской области являются основными и наиболее перспективными объектами разработки месторождений нефти и газа. Наибольшее скопление залежей углеводородов приурочено к песчаным пластам горизонта Ю₁ васюганской свиты, что неоднократно было показано в трудах В.Б.Белозерова, Н.А.Брылиной, Ф.Г.Гурари, Е.Е.Даненберга, В.И.Демина, А.Э.Конторовича, В.А.Конторовича, В.Я.Шерихора и других авторов.

Большинство юрских нефтяных месторождений Томской области имеют небольшие извлекаемые запасы (первые млн. т.). К подобным месторождениям принадлежит и Средненюрольское. Для наиболее полного извлечения нефти в таких месторождениях необходимо осуществлять оптимальную разработку продуктивных пластов с использованием геолого-технологических моделей, построенных на основе детального стратиграфического расчленения, фациального и литолого-петрографического анализа, подкрепленных материалами геофизической и петрофизической изученности, что и определяет актуальность работы.

Средненюрольское месторождение расположено в пределах Средне-Васюганского мегавала, на территории которого неоднократно производились, как сейсмические (Л.П.Жевлаков, ТГТ, 1987г., Г.А.Сысолятина, ОАО «СТАВРОПОЛЬНЕФТЕГЕОФИЗИКА», 2005 г.), так и геологические (В.А.Минько, НТГУ, 1968г., Ю.А.Щемелинин, ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», 2004 г., Л.М.Сергеева, ЗАО «ИНКОНКО», 2004г., В.И.Биджаков ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», 2005 г., М.В.Сиятский, ЗАО «ИНКОНКО», 2006г., А.В.Ежова, ТПУ, 2004 - 2005 г.) исследования. В настоящее время, в результате работ проведенных ОАО «Восточная транснациональная компания» и лично автором, накопился новый материал, позволивший уточнить закономерности пространственного размещения и особенности формирования продуктивных песчаных тел васюганской свиты.

Объектом исследования являются терригенные нефтеносные отложения васюганской свиты Средненюрольского месторождения.

Цель исследования. Целью диссертационной работы является:

- Уточнение строения свиты, фациальных обстановок осадконакопления, пористости, проницаемости, нефтенасыщенности пород коллекторов, проведение всестороннего исследования состава, структур, характера литологической неоднородности васюганской свиты;

- Оценка и прогноз продуктивности отложений васюганской свиты (горизонта Ю₁) на основе полной минералого-петрографической и

литологической характеристики, расчленения и корреляции в межскважинном пространстве и создание на этой основе модели геологического строения.

В ходе работы автором решались следующие задачи:

1) Уточнение геологического строения Средненюрольской куполовидной структуры, выяснение особенностей строения терригенных отложений васюганской свиты, сформировавшихся в келловей-оксфордское время;

2) Изучение минералого-петрографического состава горных пород и выявление влияния постдиагенетических преобразований на формирование их пустотно-порового пространства;

3) Литолого-фациальные исследования, с целью выявления закономерных связей между ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства) пород и условиями их формирования;

4) Оценка перспектив нефтегазоносности горизонта Ю₁ и определение основных продуктивных пластов в пределах Средненюрольской куполовидной структуры;

5) Создание комплексной литолого-фациальной модели и выявление участков распространения пород с улучшенными коллекторскими свойствами. Построение трехмерной геолого-технологической модели Средненюрольского месторождения.

Фактический материал и методы исследований. В основу диссертации положены результаты исследований, полученные автором в 2004 – 2007 гг. при проведении работ на Средненюрольском нефтяном месторождении в ОАО «Восточная транснациональная компания» в должности ведущего геолога.

В процессе выполнения работы автором были изучены и переинтерпретированы различные материалы геофизического исследования 40 скважин (гамма-каротаж, электрокаротаж и т.д.), результаты промыслово-геофизического изучения (34 скважины), результаты испытаний 20 скважин, керновый материал по 6 скважинам (более 215 м), проведено литолого-петрографическое исследование 106 шлифов. Проанализированы и обобщены результаты петрофизических и геохимических исследований керна (161 образец), определены физико-химический и углеводородный состав нефтей (65 проб). Детально изучены фондовые и опубликованные работы.

Для определения генезиса песчано-алевритовых отложений автором были построены генетические диаграммы, разработанные для этих целей Л.Б. Рухиным (1969), Г.Ф.Рожковым (1974), D.J. Doeglas (1946), R. Passega (1969).

Корреляция и идентификация пластов васюганской свиты, осуществлялась автором с привлечением материалов по Колотушному, Ключевскому и Пуглалымскому месторождениям, расположенным вблизи Средненюрольской куполовидной структуры. Литолого-петрографический

анализ осуществлялся автором в рамках договора ОАО «Восточная транснациональная компания» с Томским политехническим университетом, под научным руководством А.В.Ежовой. Анализ керна и определение ФЕС основного продуктивного пласта васюганской свиты (подугольная толща – пласт Ю₁³⁻⁴) проведен автором совместно с сотрудниками лабораторий ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК».

Основные защищаемые положения:

1. Продуктивные осадочные отложения васюганской свиты (подугольная толща) в пределах Средненюрольской куполовидной структуры сформировались в прибрежно-морской обстановке и фациальных условиях пляжа и барьерных баровых островов.

2. Постдиагенетическое преобразование отложений фаций пляжа и барьерных баровых островов проявляются в катагенетическом (стиллолитовые швы, катаклаз) и эпигенетическом (выщелачивание) изменении, усложненном воздействием дизъюнктивных нарушений, что приводит к интенсивному преобразованию минералов и цемента, изменению емкости коллектора.

3. На основе новых геофизических данных и результатах исследования кернового материала, построена уточненная трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения, позволяющая наиболее оптимально проводить его разработку на прогнозный период (до 2025 года).

Научная новизна:

Впервые для Средненюрольской куполовидной структуры проведено детальное расчленение и корреляция отложений васюганской свиты, выявлена их литологическая неоднородность. Доказано, что нефтеносные песчаные отложения верхневасюганской подсвиты (подугольная толща) накапливались в прибрежно-морских условиях и представлены отложениями фаций пляжа и барьерных баровых островов, слагающими линейно-вытянутые тела, параллельные береговой линии, существовавшей в келловей-оксфордское время.

Уточнено пространственное расположение отложений фаций пляжа и барьерных баровых островов.

Доказано, что постдиагенетическое преобразование песчаников подугольной толщи приводит к изменению коллекторских свойств породы в локальных участках.

На основе новых геолого-геофизических данных построена уточненная трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения.

Практическая значимость и личный вклад автора. На основе расчленения и корреляции песчаных пластов верхневасюганской подсвиты (горизонт Ю₁) Средненюрольской куполовидной структуры, характеристики вещественного состава пород-коллекторов, автором уточнена геологическая модель строения Средненюрольской куполовидной структуры, построена структурная карта по кровле подугольной толщи (пласт Ю₁³⁻⁴), а также выявлены зоны фациального замещения коллекторов (литолого-фациальный и электрофациальный анализ).

Автором, дополнительными материалами подтверждено, что в пределах Средненюрольской куполовидной структуры осадочные отложения подугольной толщи сформировались в прибрежно-морской обстановке и фациальных условиях пляжа и барьерных баровых островов. Прослежены связи между коэффициентами вытеснения и проницаемостью исследуемых образцов. Установлено, что постдиагенетическое (катагенетическое и эпигенетическое) преобразование песчаных пластов васюганской свиты ведет к изменению пустотно-порового пространства и снижению емкости коллектора, обусловленному также дизъюнктивными нарушениями.

Предложенная автором геолого-технологическая модель позволяет эффективно осуществлять мониторинг за процессом разработки месторождения. Результаты исследований автора используются в практических работах по подсчету запасов, в решении вопросов проектирования и регулирования разработки месторождения, требующих знания коллекторских свойств залежей нефти.

Публикации и апробация работы. Основные положения и отдельные разделы выполненной работы неоднократно обсуждались на научно-практических семинарах кафедры динамической геологии ТГУ (2006 – 2007 гг.). Результаты исследований доложены на региональных и международных научных конференциях: «Третья Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле», 2006 г., г. Новосибирск; 2-я Международная Научно-Практическая Конференция «Интенсификация добычи нефти», 2006 г., г. Томск; Вторая научно-практическая конференция. «Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности», 2006 г., г. Когалым. По теме диссертации опубликовано 12 статей (в том числе в журналах «Нефтяное хозяйство», «Бурение и нефть», «Горные ведомости», «Отечественная геология», «Вестник ТГУ»), 6 работ находится в печати.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения общим объемом 180 страниц текста, включая

41 рисунок, 8 таблиц, 6 приложений, список литературы составляет 228 наименований, в том числе 25 на иностранном языке.

Работа выполнена на кафедре динамической геологии геолого-географического факультета Томского государственного университета под научным руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Валерия Петровича Парначева, которому автор выражает свою глубокую признательность за постоянное внимание и поддержку. Особую благодарность хотелось бы выразить главному геологу ОАО «Восточная транснациональная компания» А.В. Булыгину; зам. главного геолога «Восточная транснациональная компания» Р. В. Гордееву; начальнику ОНР № 5, ОАО «ТомскНИПИнефть-ВНК» к. ф. – м. н. В. Н. Панкову. За своевременные консультации и методическую помощь автор особо признателен сотруднику Центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела «Heriot Watt» при ТПУ к. г. – м. н. В.Б. Белозерову и доценту ТГУ к. г. – м. н. Е.А. Жуковской. За консультации и помощь в подготовке работы автор также благодарен профессорам И.А. Вылцану, А.И. Родыгину, А.И. Чернышову, В.В. Врублевскому, доцентам Н.А. Макаренко, А.Ф. Беженцеву, С.А. Родыгину, В.И. Стреляеву, И.Ф. Гертнеру, В.Н. Устиновой, О.В. Бетхер, П.А. Тишину. Благодарен сотрудникам кафедры ИГНД Томского политехнического университета; А.В. Ежовой, В.Д.Полумогиной, Т.Г.Перевертайло, Е.Н. Осиповой, Л.В. Батретдиновой за возможность использовать часть микрофотографий шлифов. Выражаю свою благодарность сотрудникам ОАО «ТомскНИПИнефть – ВНК»: В.И. Биджакову, С.В. Парначеву, Г.Г. Кравченко и многим другим за доброжелательность и помощь при выполнении данной диссертационной работы. Особо хочется поблагодарить свою супругу Е.Е. Гладкову за всестороннюю поддержку при написании работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении (объем 6 стр.) дается общая характеристика работы, обосновывается ее теоретическая и практическая актуальность, приводятся результаты апробации и формулируются защищаемые положения.

В первой главе «Методы исследований» (объем 12 стр.) описаны литолого-петрографические методы, включавшие описание керн по разрезу, шлифов, методику гранулометрического анализа, определение ФЕС пород-коллекторов, геофизическое изучение скважин. Приведены современные математические методы, широко применяемые при построении седиментологических и фациальных геологических моделей.

Во второй главе «Геологическое строение Средненюрольского месторождения» (объем 32 стр.) дана общая геолого-тектоническая

характеристика района, рассмотрена история его изучения, приведено детальное литолого-стратиграфическое расчленение разреза, характер распространения и особенности седиментации верхнеюрских отложений. Охарактеризованы структурные этажи фундамента и мезо-кайнозойские отложения платформенного чехла. Доюрский фундамент Западно-Сибирской плиты является гетерогенным складчато-блоковым сооружением (Сурков, 1986) и в его строении участвуют разновозрастные тектонические комплексы геосинклинального, прото- и дейтерооргенного, плитного, а также рифтового генезиса. Эти комплексы перекрывают друг друга, и современное строение верхней части земной коры характеризуется их сложными многоярусными сочетаниями.

В третьей главе «Строение продуктивных пластов васюганской свиты Средненюрольского месторождения» (объем 36 стр.) проведено расчленение и изучены литологические характеристики основных нефтеносных песчаных пластов васюганской свиты, их структурно-текстурные особенности и петрографический состав.

В четвертой главе «Фациальные особенности осадконакопления васюганской свиты» (объем 19 стр.) рассмотрены факторы, влияющие на формирование песчаных пластов келловей-оксфордских отложений васюганской свиты. Изучены фациальные условия образования верхнеюрских отложений, с привлечением различных методов изучения (литолого-фациальный, электрофациальный, генетические диаграммы).

В пятой главе «Трехмерная геологическая модель подугольной толщи (пласт Ю₁³⁻⁴) Средненюрольского месторождения» (объем 8 стр.) показана предложенная автором геологическая модель, позволяющая эффективно осуществлять мониторинг за процессом разработки месторождения. Приведены практические результаты, полученные в результате построения постоянной действующей геолого-технологической модели месторождения.

Заключение (объем 2 стр.). Результаты работы по изучению геологического строения и нефтегазоносности васюганской свиты Средненюрольской куполовидной структуры, показали, что формирование продуктивных песчаных пластов, обусловлено влиянием, как фациальных особенностей коллекторов, так и их постседиментационным преобразованием. Оценены перспективы нефтеносности горизонта Ю₁ и изучен основной продуктивный пласт васюганской свиты в пределах Средненюрольской куполовидной структуры.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. Продуктивные осадочные отложения васюганской свиты (подугольная толща) в пределах Средненюрольской куполовидной структуры сформировались в прибрежно-морской обстановке и фациальных условиях пляжа и барьерных баровых островов.

Формационно-фациальный анализ юрских отложений свидетельствует о существенной перестройке ландшафтов в конце средней - в поздней юре и смещении стабильного морского осадконакопления из восточных районов Западной Сибири в западные. Существенная разница режимов ранне-среднеюрского и позднеюрского этапов седиментогенеза западносибирских палеобассейнов обусловлена постепенной сменой направления основных трансгрессий, существенными изменениями климата, относительно резким смещением депоцентра морского осадконакопления в западном направлении, с практически зеркальными палеоландшафтами начала и конца юры (Моисеев и др., 2003).

Литолого-фациальный анализ позволяет реконструировать обстановку осадконакопления, наметить зоны распространения пород-коллекторов, выявить участки развития наилучших из них. В практике нефтегеологических работ возможности литологических и палеоэкологических методов для фациального анализа ограничены. Известно, что выход керна очень невелик, а в ряде скважин и вовсе отсутствует. Однако практически во всех скважинах проводится широкий комплекс промыслово-геофизических исследований. По некоторым из них, в частности, по данным электрокаротажа скважин, можно получить информацию о гранулометрическом составе пород и проводить фациальную диагностику осадочных образований. Теоретические и методологические положения этого направления нефтяной геологии — электрометрии песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов разработал В. С. Муромцев (1984).

В расположении и протяженности фациальных зон на территории Томской области отмечается субмеридиональная дифференциация обстановок формирования осадочных толщ и территориального распределения различных типов осадков, конгруэнтная основным направлениям поступления обломочного материала: с юго-востока и востока на северо-запад. Район Средненюрольского месторождения территориально входит в состав Пур-Иртышской зоны Обь-Ленской фациальной области.

Васюганская свита сверху ограничена отложениями битуминозных аргиллитов баженовской свиты, а снизу терригенными отложениями тюменской свиты и подразделяется на нижневасюганскую, состоящую из глинистых (аргиллитовых) отложений и продуктивную верхневасюганскую,

представленную пластами нефтяного горизонта Ю₁ (рис. 1). Для юго-восточной части Западно-Сибирской плиты горизонт Ю₁ разделяется (сверху вниз) на надугольную, межугольную и подугольную толщи.

надугольная толща - пласт Ю₁⁰ - оксфорд-кимериджского возраста, пласт Ю₁¹ - позднеоксфордского возраста, пласт – Ю₁² раннеоксфордского возраста;

межугольная толща - пласт Ю₁^М позднеоксфордского возраста;

подугольная толща - пласт Ю₁³ раннеоксфордского возраста и пласт Ю₁⁴ ранне-среднекембрийского возраста.

Результаты, полученные в процессе исследований автора позволили восстановить обстановки осадконакопления подугольной толщи Средненюрольской куполовидной структуры.

Прибрежно-морские отложения образуются в результате волновой деятельности морского бассейна. Наиболее качественными коллекторами являются отложения пляжей и барьерных островов, которые образуются в зоне наибольшей энергии волн и генетически тесно связаны друг с другом. Пляжи и барьерные острова вытянуты параллельно береговой линии и продвигаются в сторону моря, образуя листообразные коллекторские тела. Вследствие постоянного продвижения пляжи и барьерные острова характеризуются увеличением зернистости песчаных отложений вверх по разрезу (рис.2). В плане наблюдается постепенное снижение зернистости в сторону морского бассейна и в сторону от него в тыловой части пляжей и барьерных островов. Прибрежно-морские отложения характеризуются отсутствием резких границ между фациями. В целом, отложения данного типа отличаются однородностью, крупнозернистостью и в большинстве случаев являются коллекторами высокого качества.

Барьерные острова сложены песками (60-90%) косослоистыми, преимущественно средне- и мелкозернистыми, как правило, залегающих изолированно, что характерно для отложений представленных керном в 5 скважинах Средненюрольского месторождения (104, 125, 126, 131, 1G).

От подошвы к кровле пласта увеличивается содержание более крупнозернистых фракций и уменьшается количество мелкозернистых и глинистых (рис. 2). Изучаемые песчаники плохо отсортированы, обломочный материал в породе распределен крайне неравномерно – наряду с крупными зернами присутствуют и мелкие. Плохая сортировка обусловлена наличием прослоев растительной органики, слюдистых агрегатов и микроконкреций сидерита и пирита, ориентированное расположение которых создает нечеткую микроволнистую слоистость.

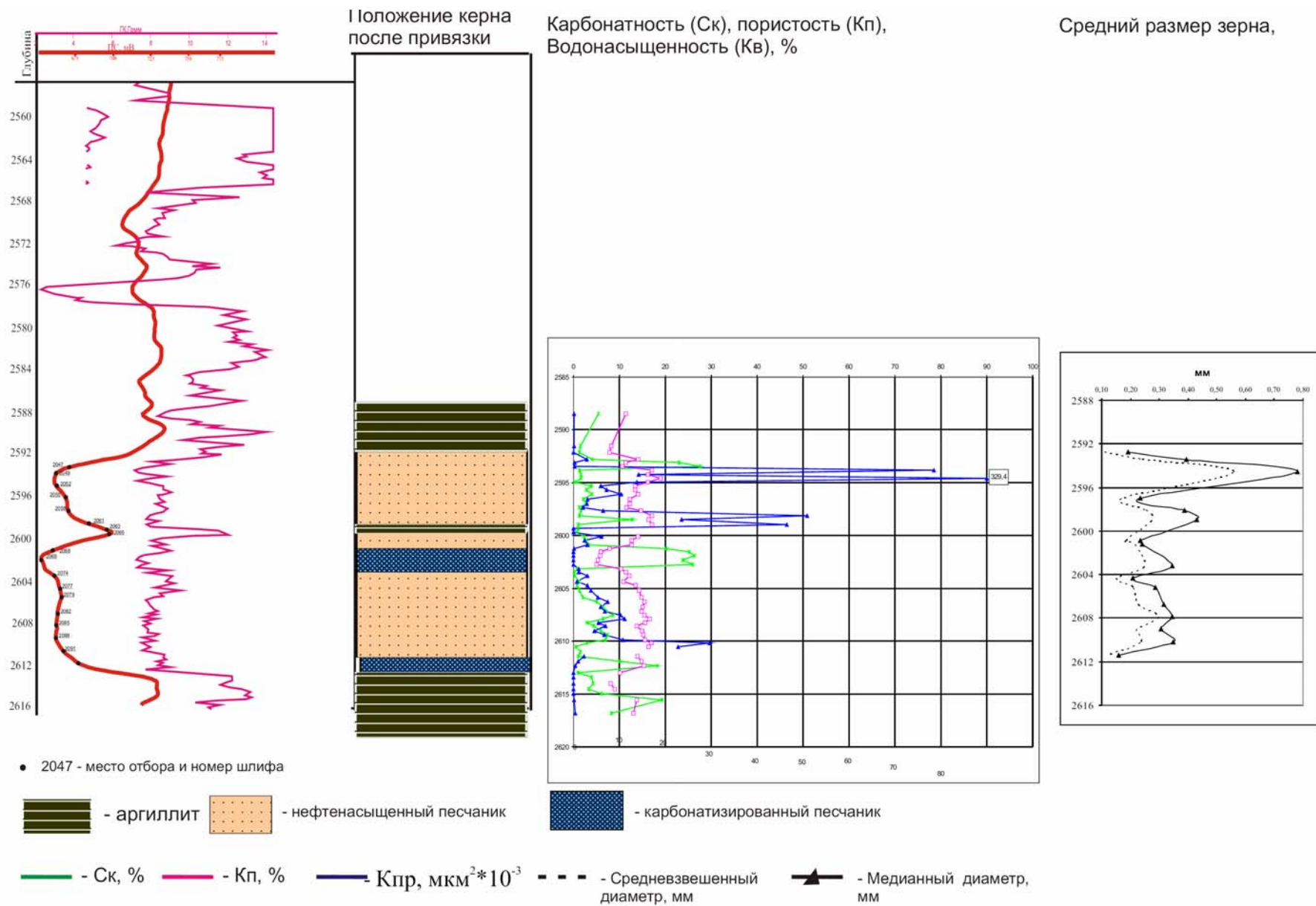


Рис. 1. Вертикальный профиль отложений пляжа и барьерных баровых островов скважины 104 Средненюрольского месторождения.

Наличие растительного детрита в отложениях фаций пляжа и барьерных баровых островов, также свидетельствует о формировании отложений в непосредственной близости от берега. Плохая сохранность растений видимо, обусловлена их перетираем в прибойной зоне.

Определение генезиса песчано-алевритовых пород имеет большое значение для решения ряда геологических проблем, и в частности для палеодинамических реконструкций, которые входят в комплекс работ на поиски залежей нефти.

Для решения этой задачи автором были использованы генетические диаграммы, предложенные Л.Б. Рухиным (1969), Г.Ф.Рожковым (1974), D.J. Doeglas (1946), R. Passega (1969).

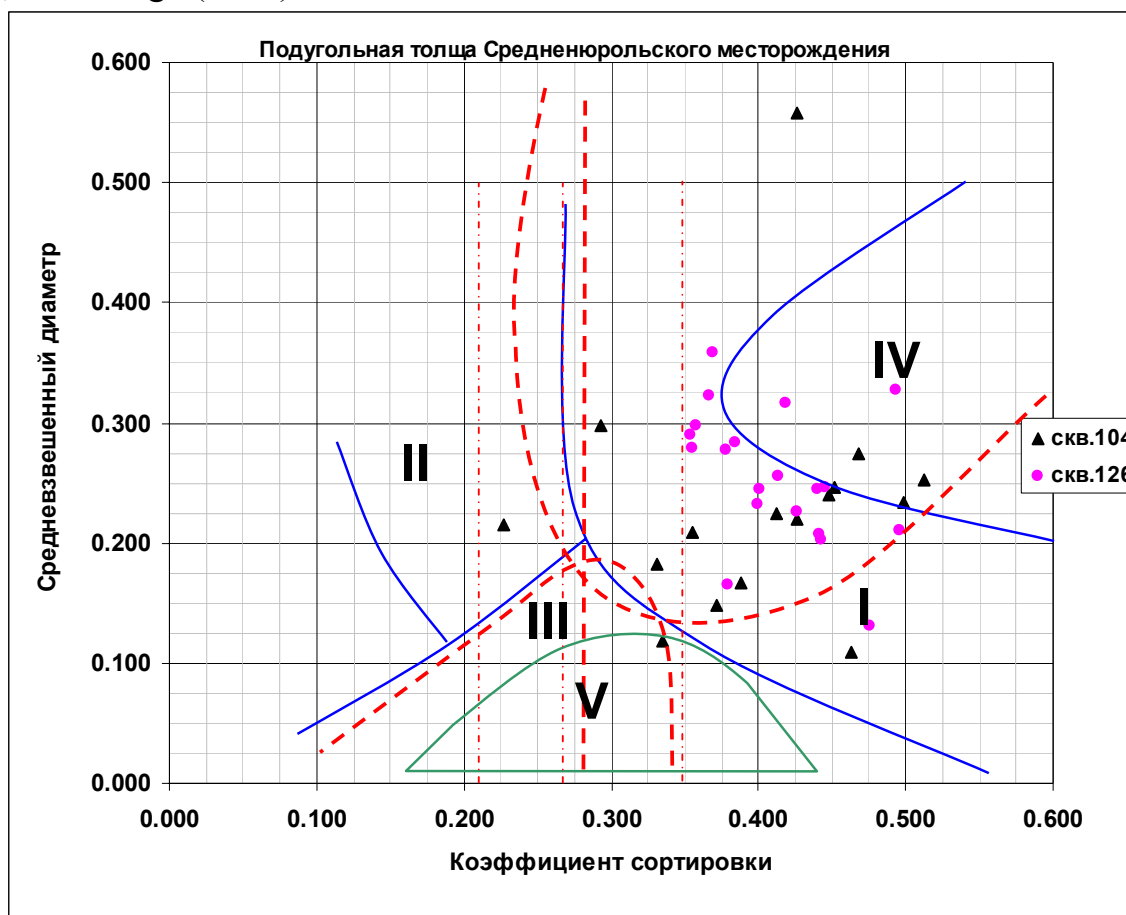


Рис.3. Диаграмма Л.Б.Рухина (1969) для песчаников подугольной толщи Средненюрольского месторождения ((I – пески водных потоков (русла, косы и др.), II – пески сильного волнения воды (прибрежные, пляжевые и др.), III – пески слабого волнения воды (заштриховано V поле недоверности), IV – золотые пески)).

На диаграмме Л.Б.Рухина (1947, 1969), доминирующая часть песчаников находится в поле I (рис.3), характеризующихся песчаниками отложенными при поступательных движениях воды. Прежде всего, это русловые пески, а также пески, отложенные в зоне течений. Несколько образцов (с большим преобладанием мелкозернистого материала) попали в зону преимущественно золотых песков (IV), что нередко встречается в современных прибрежно-морских отложениях (Петтиджон, 1976, 1981).

На генетических диаграммах Г.Ф.Рожкова (1974), D.J. Doeglas (1946), R.

Passega (1969) подавляющая часть отложений подугольной толщи, попадает в области прибрежно-морских осадков (фаций пляжа и барьерных баровых островов).

Таким образом, автором, с учетом литолого-петрографических, гранулометрических (генетические диаграммы) и структурно-текстурных характеристик породы, выявлены фациальные особенности и показаны закономерности морфологии, строения, и формирования подугольной толщи васюганской свиты. Показано, что ее отложения можно интерпретировать как прибрежно-морские отложения фации пляжа и барьерных баровых островов.

2. Постдиагенетическое преобразование отложений фаций пляжа и барьерных баровых островов проявляются в катагенетическом (стиллолитовые швы, катаклаз) и эпигенетическом (выщелачивание) изменении, усложненном воздействием дизъюнктивных нарушений, что приводит к интенсивному преобразованию минералов и цемента, изменению емкости коллектора.

Существенную роль в формировании тектонического облика района исследований играют дизъюнктивные нарушения. Здесь, как и на всей территории Средне-Васюганского мегавала, можно выделить две основные системы их северо-западного и северо-восточного простираения (рис. 4).

Работы, проведенные Г.И. Сысолятиной (ОАО «Ставропольнефтегеофизика») в 2005 - 2006 гг. подтвердили наличие большого количества малоамплитудных разрывных нарушений различного направления, которые на пликтивный характер структурных планов большого влияния не оказали, так как они имеют незначительные амплитуды смещения. По этим данным Средненюрольская куполовидная структура имеет очень сложное строение. По изогипсе – 2640 м она объединяется с Пуглалымским поднятием и, вероятнее всего, по этой изогипсе замыкается на юго-востоке за пределами лицензионного участка, образуя единый структурный элемент. Зона Средненюрольского и Пуглалымского поднятий имеет изрезанный рельеф, осложнённый многочисленными локальными выступами и впадинами. Относительные превышения рельефа на этой площади достигают 110 м.

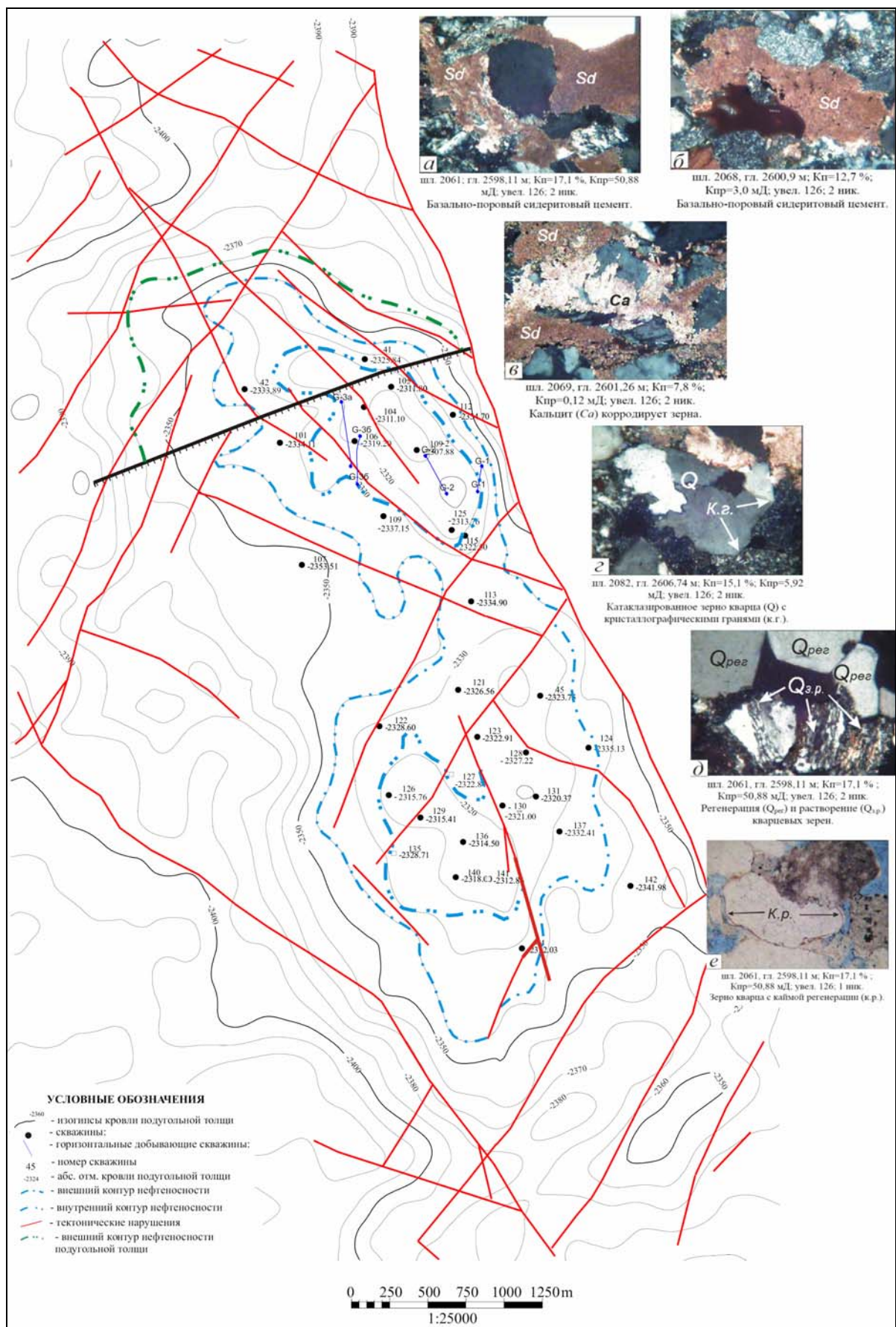


Рис. 4. Структурная карта по кровле подугольной толщи Средненюрольского месторождения (по материалам ООО «ИНКОНКО», 2006 г., с дополнениями автора).

Абсолютное большинство нарушений проникают в нижнемеловые отложения, что свидетельствует о их постюрском возрасте. Наиболее интенсивно процессы дизъюнктивной тектоники проявились в пределах Средненюрольской структуры, которая на востоке примыкает к крупному высокоамплитудному разлому. Вероятнее всего, сеть разломов на Средненюрольском месторождении сформирована опережающими его нарушениями. Необходимо отметить, что все разломы и их истинное положение по существующей сети профилей протрассировать невозможно. Реальная сеть разломов значительно сложнее. Судя по волновой картине, Средненюрольское месторождение может быть разбито на блоки с поперечными размерами до 200 м. Изучение подобных объектов возможно только по результатам сейсморазведки 3Д.

Для доказательства второго защищаемого положения, автором исследовался минералого-петрографический состав песчаных пород васюганской свиты (подугольная толща) Средненюрольского месторождения: содержание и состав цементирующего материала, взаимоотношения между обломочным материалом и цементом, вторичные преобразования пород, гранулометрия. Проведено детальное изучение Средненюрольской куполовидной структуры.

Основные компоненты песчаника продуктивных отложений васюганской свиты: кварц, полевые шпаты и обломки пород, а из второстепенных минералов: слюды, хлорит, пирит, лейкоксен. Песчаники преимущественно полевошпато-кварцевые граувакковые разности, в которых кварц преобладает над полевыми шпатами, а количество обломков пород составляет более 25 %.

Количество цементирующего материала в песчаниках варьирует от 8 до 25 %. В основном цемент сложен сидеритом, кальцитом, каолинитом и слюдистым материалом, реже пиритом, лейкоксеном, хлоритом и глинистым неразделенным цементом.

Тип цемента преимущественно поровый и пленочно-поровый. Пористость в породах имеет разный генезис. Преобладают остаточные межзерновые поры. Часто поры образуются за счет процессов внутризернового растворения. Преобладают сильно измененные полевые шпаты над средне- и слабоизмененными. Вторичные преобразования проявились в серицитизации и пелитизации полевых шпатов, а также в ожелезнении, хлоритизации, лейкоксенизации, сидеритизации и пиритизации обломков.

Наблюдается хорошо выраженная зависимость фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) от гранулометрического состава и содержания цемента (рис. 2).

Интенсивное растворение, катаклаз и растрескивание обломков (рис.4); наличие сквозных трещин, секущих минеральные зерна и цемент, а также вторичное минералообразование свидетельствуют, что в формировании коллектора сыграли роль постдиагенетические изменения, возможно связанные с тектоническим фактором.

Благодаря постдиагенетическим преобразованиям часть зерен преобразуется в цемент, что ведет к сокращению пустотно-порового пространства и снижению емкости коллектора. Регенерация кварца, сидеритизация цемента также уменьшают пустотно-поровое пространство. Уплотнение обломочного материала приводит к бесцементному соединению зерен и ведет к ухудшению коллекторских свойств, осложненному разрывными нарушениями.

На основании микроскопического изучения шлифов, автор пришел к следующему выводу – уменьшение объема пустотно-порового пространства связано с проявлением катагенетических процессов. Характерной чертой катагенеза является наличие стилолитовых швов, формирующихся в процессе растворения под давлением (рис.4.в,г,е). Образование регенерационной каемки вокруг устойчивых зерен кварца и их инкорпоративное внедрение не только друг с другом, но и с зернами полевых шпатов, подтверждают это предположение.

Катагенез проявился в результате регионального накопления осадочной толщи синхронно с ее погружением. Многими исследователями (Япаскерт, 1995; Япаскерт, Ростовцева, Карпова, 2003 и др.) показано влияние постдиагенетической дизъюнктивной тектоники на катагенетическое преобразование минералов, которое может приводить к ухудшению или улучшению коллекторских свойств песчаников. Для Средненюрольского месторождения преобразование осадочной толщи в стадию катагенеза приводит к ухудшению фильтрационно-емкостных свойств коллекторов.

Автор полагает, что помимо катагенеза, существенное влияние на постдиагенетическое изменение пород оказали и эпигенетические преобразования, проявившиеся в выщелачивании зерен полевого шпата, выносе карбонатной составляющей в межпоровое пространство и дальнейшее осаждение там, в виде кальцит-сидеритового цемента.

В пределах Средненюрольской куполовидной структуры, породы васюганской свиты претерпели интенсивное преобразование, особенно сильно проявившееся в изменении полевых шпатов и кварца (рис.4.а,б,в). Некоторые исследователи (Розин, Сердюк, 1970; Пероziо, Мандрикова, 1971; Цыганкова, 2003; Холодов, 2004 и др.) полагают, что широкое развитие карбонатов (протодоломита) приурочено к зонам глубинных разломов и служит индикаторами вертикального движения флюидов по ослабленным зонам. Так, в работе J.R. Boles (2002) приведены многочисленные примеры аномальных концентраций кальцита на нефтяных месторождениях Южной Калифорнии.

Доказано, что кальцит образуется в периоды тектонических деформаций. Связь вторичной доломитизации с активными восходящими тектоническими движениями и миграцией углеводородных флюидов по трещинам и разломам установлена также В.А. Цыганковой (2003) на фактическом материале по Волгоградскому Поволжью, Восточному Предкавказью и акватории Каспия.

Однако, эпигенетические карбонаты очень сложно отличить от гидротермально-метасоматических. Для Средненюрольского месторождения

существуют хорошие дополнительные критерии подтверждающие вывод о синтезе карбонатов при подтоке глубинного CO_2 – тектоническая трещиноватость вмещающих пород (по данным геофизических исследований), катаклаз зерен, новообразование «экзотических» минералов (эпидот, лейкоксекн), присутствие множественных каемок регенерации на зернах кварца (рис. 5). Присутствие титансодержащих минералов (сфен, лейкоксен), образование гидрослюд, повсеместное корродирование кальцитом кварца, полевых шпатов и обломков пород, а также наличие карбонатного материала в гораздо большем количестве, чем могло дать внутриформационное переотложение, указывает на привнос глубинных растворов, насыщенных карбонатными составляющими. Флюидомиграция указанных растворов осуществлялась по тектонически ослабленным зонам. Еще одним подтверждением этому служит наличие непроницаемой глинисто-аргиллитово баженовской свиты сверху и алевролитово-аргиллитовой подошвы внизу васюганской свиты.

В результате изучения автором верхнеюрских пород на соседних месторождениях (Ключевское, Пуглалымское, Колотушное и Мыльджино), оказалось, что геологическое строение и наличие дизъюнктивных нарушений таково же, как и на Средненюрольском месторождении.

3. На основе новых геофизических данных и результатах исследования керна материала, построена уточненная трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения, позволяющая наиболее оптимально проводить его разработку на прогнозный период (до 2025 года).

Трехмерная геологическая модель Средненюрольского месторождения построена в системе ROXAR и представлена на рисунке 6. Затем импортирована в виде Rescue-файла в программу FloGRID фирмы Schlumberger для получения гидродинамической модели в формате ECLIPSE.

Геолого-технологическая модель состоит из 152-190-25 разностных ячеек по осям X, Y и Z соответственно. Шаг модели по осям X и Y составляет 50 м, по оси Z – в пределах 1.5 м. Общее количество ячеек – 722000. Из них неактивными являются и в расчетах не участвуют ячейки, не имеющие гидродинамической связи с залежью нефти. Число активных ячеек 503220.

Стадия	Этап по Н.В. Ловгину	Этап по Л.В. Орловой	Подстадия	Градация	Фашия катагенеза	Глубина, м (абсолютная отметка)	Литологическая колонка по керну	Гранулометрические коэффициенты		Состав обломочной части пород, %			Минералы - индикаторы стадий катагенеза, %				Содержание регенерированных зерен кварца, %	Наличие стиполитовых контактов	Наличие катаклаза зерен	Пористость, %	Проницаемость, мД	Остаточная водонасыщенность, %	Примечания
								Md	C	Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород	Гидрослюда слюды	Сидерит	Хлорит, глауконит	Лейкоксен, сфер							
Катагенез	Средний	K ₂	Мезокатагенез	МК ₂ , угли марки Д	Кварц-гидрослюдистая	2309.77		0,45	0,16	32	36	30	4	6	1	1		Да	Да	14	2,97	46,79	Единичные зерна пирита.
						2310.39		0,94	0,3	39	27	33	2	2	0,1	1		Да	Да	10,6	0,21		Зерна кварца растворены по краям; очень мелкие аксессуарии (сыпь) представлены ширконом.
						2311.39		1,3	0,52	33	29	31	3	1	0,1	0,1	10	Да	Да	19	329,4	25,62	Встречаются регенерированные зерна полевых шпатов; мелкие аксессуарии – ширкон.
						2312.33		0,6	0,22	31	33	32	3	4	0,1	0,1		Да	Да	13,4	7,26	37,42	Интенсивно измененные полевые шпаты сильно растворены; встречаются ожелезненные обломки.
						2313.54		0,47	0,19	31	34	32	7	7	1	0,1		Да	Да	12,2	2,95		Титаносодержащие аксессуарии.
						2314.52		0,92	0,29	31	32	36	5	2	0,1	1	4	Да	Да	17,1	50,88	41,27	Эффузивы лейкоксенированы; встречаются мелкие аксессуарии.
						2315.27		0,9	0,32	30	27	43	5	3	0,1	0,1	11	Да	Да	17,1	46,48	43,66	
						2317.00		0,47	0,19	30	34	36	8	13	0,1	0,1		Да	Да	12,7	3,0		Встречено зерно глауконита. Присутствуют гелефицированные растительные остатки.
						2317.32		0,59	0,19	32	35	30	7	3	0,1	0,1		Да	Да	7,8	0,12	91,80	Зерна корродированы кальцитом.
						2319.02		0,7	5	36	25	39	6	2	0,1	0,1		Да	Да	10,4	1,16		Зерна кварца подвержены процессам растворения
						2320.07		0,34	0,17	37	28	35	7	3	0,1	0,1		Да	Да	10,9	0,81		
						2320.82		0,5	0,22	34	33	33	5	3	0,1	0,1	6	Да	Да	14,3	3,78	46,84	1 % халцедоновидного кварца.
						2322.20		0,53	0,24	31	31	38	6	1	0,1	0,1	1	Да	Да	15,1	5,92		Серпентинизация обломков; встречаются аксессуарии.
						2323.25		0,64	0,27	32	26	42	4	2	0,1	0,1	2	Да	Да	16,6	11,1		
						2324.24		0,7	0,23	31	36	31	4	2	0,1	0,1		Да	Да	14,9	4,61	48,61	Гидроксиды железа в зернах полевых шпатов; зерна корродированы кальцитом.
						2325.29		0,78	0,27	37	24	39	6	1	0,1	0,1	3	Да	Да	17	29,62		Пертиты сильно изменены; отмечены гидроксиды железа.
						2326.40		0,27	0,13	33	34	32	6	5	0,1	0,1		Да	Да	13,9	2,34	51,96	Зерна корродированы сидеритом; отмечается растворение кварца. Растительные остатки занимают 25 % от площади шпифа.

Примечание: кальцит повсеместно корродирует зерна минералов

Примечание: кальцит повсеместно корродирует зерна минералов



- аргиллит



- нефтенасыщенный песчаник



- карбонатизированный песчаник

Рис. 5. Катагенетические изменения отложений васюганской свиты (подугольная толща) Средненюрольского месторождения (по скважинам № 104 и 126).

Пористость, горизонтальная проницаемость и начальная нефтенасыщенность соответствуют таковым, рассчитанным в геологической модели. Т.е., в ячейках, через которые проходят скважины, они соответствуют параметрам по ГИС. В остальных ячейках модели – трехмерная интерполяция в пределах пласта. Для учета анизотропии проницаемость по вертикали принята в 10 раз меньше горизонтальной проницаемости.

При гидродинамическом моделировании приняты следующие условия и допущения:

- фильтрация флюидов трехмерная, двухфазная: нелетучая нефть с растворенным газом и минерализованная вода;
- расчет полей давления и насыщенности осуществляется по схеме разностного решения уравнений материального баланса совместно с уравнениями движения для каждой из фаз (закон Дарси, фильтрационная модель Баклея-Лeverетта);
- водонапорная область модели задана путем охвата расчетной областью площади водонасыщенной законтурной области, при этом на удаленных гранях расчетной сетки выполняются условия непротекания;
- уровень ВНК принят горизонтальным;
- скелет пласта считается упруго-деформируемым;
- физико-химические свойства нефти зависят от пластового давления и заданы в табличном виде;
- начальное пластовое давление соответствует гидростатическому;
- гравитационные и капиллярные силы учитываются явным образом;
- скважины проходят через центр расчетного блока вертикально;
- значения коллекторских свойств (пористости, проницаемости, песчаности) в ячейках, через которые проходят скважины, рассчитаны по каротажным диаграммам. Для остальных ячеек заданы путем трехмерной интерполяции в пределах каждого пласта.

Физико-химические свойства нефти и газа рассчитаны по данным лабораторных физико-химических исследований поверхностных проб нефти. Значения указанных свойств взяты по материалам исследования, проведенных в лаборатории физики пласта ТомскНИПИнефть. Свойства воды рассчитаны по глубинным пробам, в модели использовались значения плотности в поверхностных условиях, сжимаемости и вязкости в пластовых условиях.

Уровни водонефтяного контакта заданы в соответствии с геологическим представлением на данном этапе изученности – на абс. отметке минус 2340 м.

Гидродинамическая модель Средненюрольского месторождения была построена по начальным геологическим запасам нефти 14 937 тыс. т. Погрешность в модели по запасам составила менее 1%.

Для построения корректно работающей геолого-технологической модели была проведена ее адаптация к истории разработки Средненюрольского месторождения (рис.7) в ECLIPSE.

Суть адаптации сводится к полному совпадению фактических данных с модельными значениями. После настройки геолого-технологической модели (автором) появилась возможность достоверно планировать проведение геолого-технологических мероприятий (ГТМ) на Средненюрольском месторождении с ожидаемой эффективностью. Таким образом, эффективность разработки месторождения резко возросла. Адаптация фактических показателей разработки (дебит нефти, воды, газа) к модельным значениям, производится ежемесячно. Вновь полученные геолого-промысловые данные оперативно обрабатываются автором и вносятся в геолого-технологическую модель месторождения. В свою очередь, на основе обновленной модели происходит отслеживание процессов разработки, как текущих, так и прогнозных.

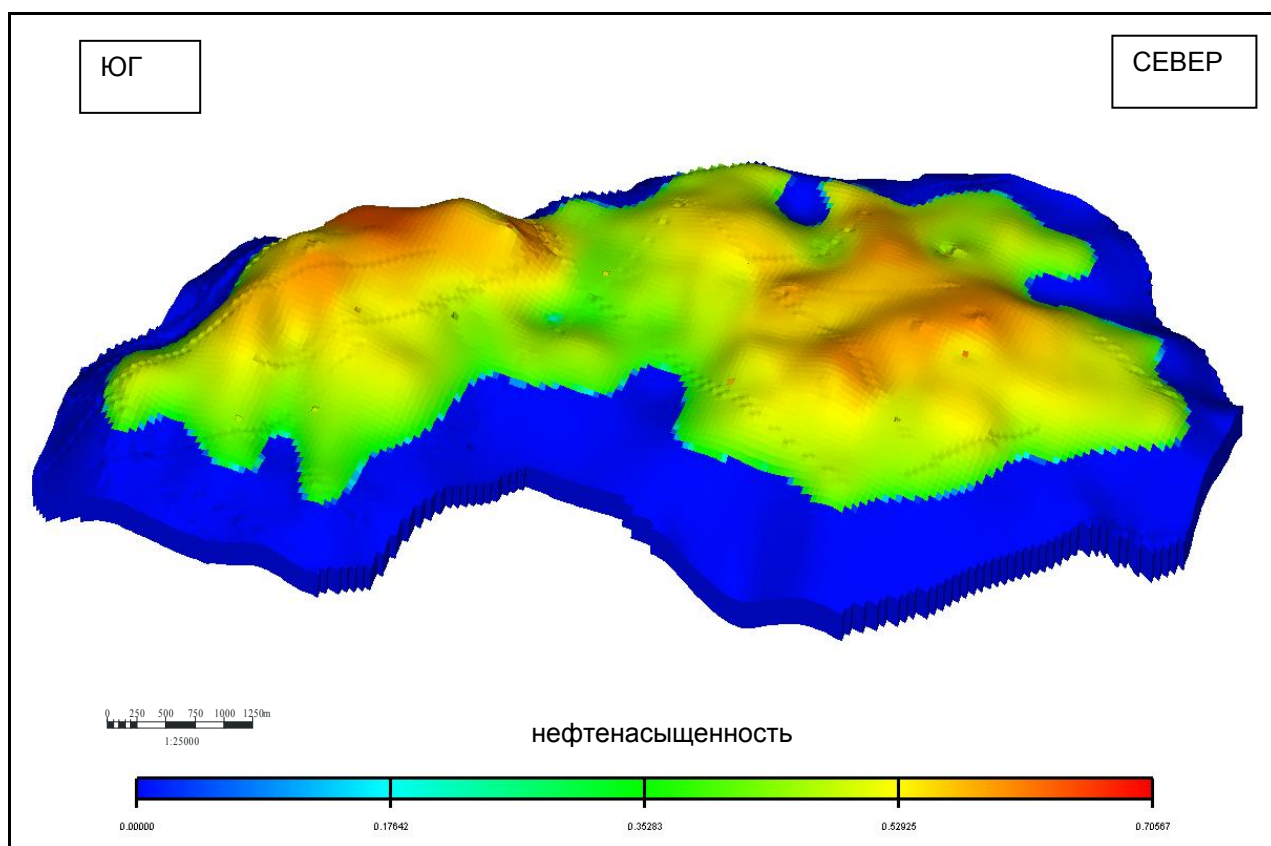


Рис. 6. Трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения.

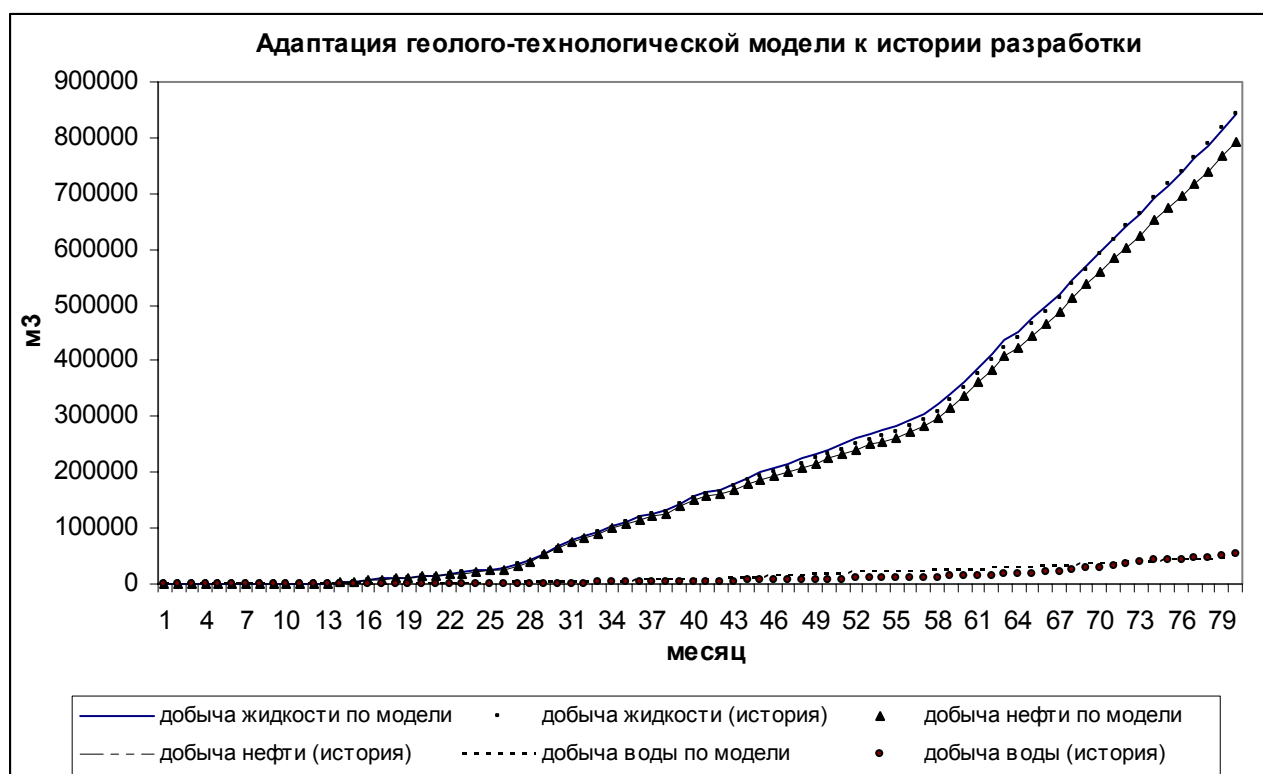


Рис. 7. Адаптация геолого-технологической модели к истории разработки Средненюрольского месторождения.

Заключение

Результаты работы по изучению геологического строения и нефтегазоносности продуктивных отложений васюганской свиты Средненюрольской куполовидной структуры на основе литолого-петрографического, гранулометрического, минералогического, фациального и электрофациального анализов, физико-гидродинамических исследований скважин, с использованием структурно-статистических параметров, способствовали определению степени влияния условий осадконакопления на формирование фильтрационно-емкостных свойств пород. Это позволило получить более достоверную информацию о пространственном распространении коллекторов разного качества васюганской свиты (подугольная толща).

Детальное расчленение и корреляция стратиграфических разрезов дало возможность сопоставить между собой продуктивные пласты в различных частях Средненюрольской куполовидной структуры. Литолого-петрографические характеристики пород-коллекторов позволили получить информацию о положении нефтеносного коллектора в пределах месторождения, установить взаимоотношение нефтесодержащих пород с

вмещающими. Построенная седиментологическая модель месторождения позволяет более обоснованно оконтуривать площади промышленных залежей нефти.

Основное внимание в работе уделено всестороннему исследованию состава, структур, характера литологической неоднородности продуктивного нефтяного пласта. На основе комплексного изучения вещественного состава прослежены литологические границы нефтеносных горизонтов, изучена фациальная принадлежность пород коллекторов, пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), состава нефти и пластовых вод. На основе новых материалов исследования построена уточненная трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения.

В ходе работы автором были решены следующие задачи:

Проведено детальное расчленение и корреляция отложений васюганской свиты. Построена модель формирования отложений подугольной толщи. Уточнено геологическое строение Средненюрольской куполовидной структуры. Изучен минералого-петрографический состав пород и проведен их литолого-фациальный анализ. Сделана оценка перспектив нефтеносности горизонта Ю₁ и исследован основной продуктивный пласт васюганской свиты в пределах Средненюрольской куполовидной структуры.

В процессе выполнения диссертационной работы, автором доказано.

а) Продуктивные отложения васюганской свиты (подугольная толща) в пределах Средненюрольской куполовидной структуры сформировались в прибрежно-морской обстановке и фациальных условиях пляжа и барьерных баровых островов. **б)** Постдиагенетическое преобразование отложений фаций пляжа и барьерных баровых островов проявляются в катагенетическом (стиллолитовые швы, катаклаз) и эпигенетическом (выщелачивание) изменении, усложненном воздействием дизъюнктивных нарушений, что приводит к интенсивному преобразованию минералов и цемента, изменению емкости коллектора. **в)** На основе новых геофизических данных и результатах исследования кернового материала, построена уточненная трехмерная геолого-технологическая модель Средненюрольского месторождения, позволяющая наиболее оптимально проводить его разработку на прогнозный период (до 2025 года).

Предложенная автором геолого-технологическая модель позволяет эффективно осуществлять мониторинг за процессом разработки месторождения. На основе построенной автором трехмерной ПДГМ (постоянной действующей геологической модели) Средненюрольского месторождения, проведена адаптация к истории разработки, определены места

заложения новых скважин, произведен расчет потенциала дебита двенадцати скважин, расчет компенсации для реализации системы поддержания пластового давления (ППД), сделан прогноз разработки месторождения на период до 2025 года.

ОСНОВНЫЕ ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1. Гладков Е.А.** Параметры оценки эффективности бурового раствора при бурении скважин в Западно-Сибирском нефтегазоносном регионе // Интенсификация добычи нефти. Материалы 2-ой научно-практической конференции. – Томск: НВ-ТПУ, 2006. – С. 15-17.
- 2. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Адаптация геолого-гидродинамической модели Средненюрольского месторождения // Интенсификация добычи нефти. Материалы 2-ой научно-практической конференции. – Томск: НВ-ТПУ, 2006. – С. 18-19.
- 3. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Электрофациальные особенности и строение верхневасюганской подсвиты Средненюрольского месторождения // Горные Ведомости. – 2006. -№12. – С.50-56.
- 4. Гладков Е.А., Булыгин А.В., Гордеев Р.В.** Геолого-технологическое моделирование и мониторинг разработки Средненюрольского месторождения // **Нефтяное Хозяйство.** – 2006. -№11. – С. 88-89.
- 5. Гладков Е.А., Булыгин А.В., Гордеев Р.В., Гладкова Е.Е.** Построение геологической модели Средненюрольского месторождения // **Бурение и нефть.** – 2006. -№12. – С. 19.
- 6. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Геологическая модель одного из месторождений Томской области // Третья Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле. – Новосибирск. 2006. – С. 52.
- 7. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Особенности тектонического строения на примере одного из месторождений Томской области. // Третья Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле. – Новосибирск. 2006. – С. 53.
- 8. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Краткий минералогический анализ одного из участков Средненюрольского месторождения. // Третья Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле. – Новосибирск. 2006. – С. 54.
- 9. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Геология и нефтеносность Средненюрольского месторождения // **Вестник ТГУ. Бюллетень оперативной научной информации. Геология и полезные ископаемые Южной Сибири.** – 2006. -№ 104. – С. 80-82.

- 10. Гладков Е.А., Булыгин А.В., Гордеев Р.В.** Геологические особенности Средненюрольского месторождения при прогнозе ГДИС скважин 33G и 1337G // Горные ведомости. – 2007. -№1. – С. 36-39.
- 11. Гладков Е.А., Гладкова Е.Е.** Построение трехмерной геологической модели Средненюрольского месторождения на основе его геологической изученности // Отечественная геология. – 2007. -№2. – С. 51-54.
- 12. Гладков Е.А.** Постседиментационное преобразование юрских терригенных толщ на примере Средненюрольского месторождения // Горные ведомости. – 2007. -№7. – С. 18-25.