

На правах рукописи

**КРАСНОЩЕКОВА ЛЮБОВЬ АФАНАСЬЕВНА**

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
ОТЛОЖЕНИЙ ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ (ПЛАСТ Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>)  
ИГОЛЬСКОЙ КУПОЛОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2006

**Работа выполнена** в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Томский государственный университет»

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Алексей Иванович Чернышов

**Официальные оппоненты:** доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Вера Михайловна Подобина  
кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент Наталья Михайловна Недоливко

**Ведущая организация:** ОАО Томский научно-исследовательский проектный институт нефти (ОАО «ТомскНИПИнефть»)

Защита диссертации состоится 22 июня 2006 года в 14 часов 30 мин в 154 ауд. главного корпуса ТГУ на заседании диссертационного совета К 212.267.04 в Томском государственном университете.

**Адрес:** 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета.

Автореферат разослан «\_22\_» апреля 2006г.

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

О.В. Бетхер

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Согласно количественным оценкам перспектив нефтегазоносности, проведенным специалистами ИГНГ СО РАН, СНИИГГиМС, его Томским отделением, ОИГГиМ СО РАН, Территориальным агентством по недропользованию Томской области, ОАО «Томскнефть», ОАО «Томскнефтегазгеология» (Ф.Г. Гулари, В.В. Гребенюк, Е.Е. Даненберг, В.И. Демин, И.А. Иванов, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, С.В. Рыжкова и др.), наибольшее количество начальных извлекаемых запасов углеводородов Томской области сосредоточено в Нюрольском осадочном бассейне. В юрских отложениях этого бассейна выявлено более 60 проявлений и месторождений нефти и газа. Самыми продуктивными горизонтами являются верхнеюрские отложения, в которых сосредоточена основная масса углеводородов – 60,9 %. При этом в нижнемеловых отложениях аккумуляровано 17,6 %, в ниже-среднеюрских – 11,7 % и в зоне контакта палеозойских и мезозойских отложений – 9,8 %. Приведенные данные свидетельствуют о том, что на юго-востоке Западной Сибири наиболее перспективными в отношении нефтегазоносности являются отложения верхней юры.

Территория Нюрольской впадины ввиду своей перспективности на углеводородное сырье относится к числу геологически изученных в пределах юго-востока Западно-Сибирской плиты. Для данного региона составлены принципиальные схемы расчленения юрской осадочной толщи и установлены основные закономерности распространения продуктивных горизонтов. Однако многие детали строения остаются невыясненными в связи с неоднородностью продуктивной толщи по разрезу и по латерали. Сложное фациальное строение верхнеюрского горизонта затрудняет расчленение разрезов, межскважинную корреляцию пластов, их индексацию, а также построение геологических моделей месторождений. При разработке углеводородных залежей остро ставится вопрос о локальных закономерностях распространения песчаных тел, условиях их образования и выделения зон коллекторов с наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами.

К настоящему времени накоплен новый материал, позволяющий уточнить ранее установившиеся взгляды на закономерности пространственного размещения песчаных тел, а также выявить новые особенности строения и условия формирования месторождений нефти и газа.

**Цель работы** заключалась в построении уточненной седиментационной модели Игольской площади с учетом новых геологических данных по детальным литологическим, петрофизическим, петроструктурным исследованиям и выявление на этой основе закономерностей распространения пород-коллекторов, что *актуально* в теоретическом и в практическом отношениях.

**Основные задачи исследований:** уточнение геологического строения и реконструкция условий формирования песчаных тел васюганской свиты (пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>); определение литологических особенностей и постседиментационных преобразований, петроструктурных и петрофизических параметров пород нефтеносных горизонтов; выявление факторов, влияющих на анизотропию фильтрационно-емкостных характеристик коллекторов.

**Фактический материал и методы исследований.** В основу диссертации положены результаты исследований, полученные автором при

проведении научно-исследовательских работ, выполнявшихся по заказу ОАО «Томскнефть» ВНК (1997-2003 г.г.)

При изучении пород-коллекторов использовались как традиционные литолого-петрографические, так и нетрадиционные (магнитоэлектрические, петроструктурные) методы исследования.

В процессе выполнения работы использованы материалы геолого-геофизических исследований и результаты испытаний продуктивных объектов пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольско-Талового месторождения по 30 скважинам. Из фондовых материалов заимствовано более 400 результатов определений фильтрационно-емкостных свойств пород. Автором в лабораторных условиях проведены петрографические (350 шлифов) и петроструктурные (50 шлифов) исследования. По материалам, любезно предоставленным В.П. Меркуловым (более 650 петрофизических определений), построены эллипсы упругой и магнитной анизотропии пород. Привлекались данные палеонтологических определений (ТГУ, СНИИГиМС, 30 определений); полевых описаний керн и гранулометрического анализа (73 образца). По гранулометрическим данным построены кумулятивные кривые с расчетом статистических параметров и коэффициента сортировки материала. Привлекались результаты рентгеноструктурного анализа (29 анализов), любезно предоставленные М.И. Шаминовой.

Использованы также материалы, содержащиеся в опубликованных и фондовых работах ОАО «ТомскНИПИнефть», ОАО «Томскнефтегазгеология», кафедры геологии и разработки нефтяных месторождений ТПУ.

Совокупность представительного фактического материала, методов исследования, их детальность обеспечили получение надежных результатов.

**Научная новизна. Личный вклад автора.** Впервые разработана и апробирована методика комплексного структурно-литологического и петрофизического изучения осадочных толщ, которая позволила получить важную информацию об анизотропии внутреннего строения исследуемых песчаных пород и условиях их формирования.

Петроструктурный анализ обычно применялся только при изучении метаморфических и магматических пород и до настоящего времени почти не использовался при исследовании осадочных образований. Предложенная методика петроструктурных исследований включала в себя измерение ориентировки удлинения зерен кварца и их оптических осей. Использование петрофизических и палеомагнитных методов позволило выявить связь фильтрационной и магнитоэлектрической анизотропии песчаников с петроструктурной ориентировкой кварца, являющегося основной порообразующей компонентой терригенных пород.

Автором выполнены работы по изучению литологической неоднородности отложений васюганской свиты и дано подробное описание минералогических и структурных изменений пород при стадийном и наложенном эпигенезе.

Построена седиментационная модель, отвечающая барам дальней зоны, и определено пространственное положение палеобереговой линии на момент формирования пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>.

В соответствии с проведенными комплексными исследованиями сделан вывод о том, что пространственная фильтрационно-емкостная неоднородность продуктивного пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольской площади Игольско-Талового месторождения контролируется фациальными обстановками и постседиментационными

преобразованиями пород. Это позволяет прогнозировать распространение пород с высокими фильтрационно-емкостными свойствами при разработке месторождений и интенсификации добычи нефти.

**Основные защищаемые положения.**

1. В пределах Игольской куполовидной структуры осадочные отложения нефтепродуктивного пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> васюганской свиты сформировались в прибрежно-морской обстановке и фациальных условиях бара дальней зоны в результате волноприбойных движений и вдольбереговых течений.

2. Для барового комплекса характерно косослоистое строение с ритмичным чередованием однородных линзовидных тел песчаников и карбонатизированных глинисто-алевропесчаных прослоев, что способствовало дискретности коллекторских свойств его отложений.

3. Петроструктура и постседиментационные преобразования песчаников определяют анизотропию их магнитных и упругих свойств и контролируют преобладающую инфильтрацию углеводородных флюидов в северо-восточном направлении внутри пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> васюганской свиты.

**Практическая значимость работы.** Результаты исследований использованы при подсчете запасов Игольско-Талового месторождения Нюрольской впадины и сопредельных территорий Каймысовского свода. Разработанные автором методики прошли апробацию при исследовании коллекторов нефтяных месторождений Томской области (Игольско-Талового, Крапивинского, Вахского, Северо-Васюганского, Южно-Черемшанского, Калинового, Северо-Калинового, Солонковского и др.).

**Апробация работы.** Основные положения и отдельные разделы выполненной работы неоднократно обсуждались на научно-практических семинарах кафедры петрографии ТГУ (1997-2005гг.), докладывались на региональных и международных конференциях и совещаниях, в том числе на конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (Томск, 1997, 1998, 2001), на Международном научном семинаре и Республиканской школе молодых ученых (Томск, 1999), на первом Всероссийском литологическом совещании (Москва, 2000) и др. Автором по теме диссертации опубликовано 9 работ.

Материалы диссертационной работы и основные методические приемы изучения пород-коллекторов изложены в 6 научно-исследовательских отчетах.

**Объем и структура работы.** Диссертация содержит 174 страниц текста, в том числе 49 рисунков, 2 таблицы. Она состоит из введения, пяти глав, заключения. Библиография включает 159 наименований.

Диссертационная работа выполнена на кафедре петрографии геолого-географического факультета Томского государственного университета под научным руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора А.И. Чернышова, которому автор выражает свою признательность.

Автор искренне благодарен своему Учителю и первому научному руководителю доценту, кандидату геолого-минералогических наук Ю.В. Уткину. За консультации и методическую помощь автор особо признателен сотрудникам Центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела «Heriot Watt» при ТПУ, Томского государственного университета, Томского политехнического университета и ОАО «ТомскНИПИнефть»: В.Б. Белозерову,

В.П. Меркулову; О.В. Бетхер, В.К. Бернатонису, В.В. Врублевскому, И.Ф. Гертнеру, А.В. Ежовой, А.К. Мазурову, Ю.Я. Ненахову, Г.М. Татьянину, П.А. Тишину, Т.Г. Тен.

Автор глубоко благодарен своим коллегам, совместно с которыми проводились исследования, нашедшие отражение в диссертации: Т.Е. Мартыновой и Д.В. Александрову.

## **Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Юго-восточные районы Западной Сибири являются объектом исследований геологов, геофизиков и нефтяников на протяжении шести десятилетий. Вопросами палеогеографии, условиями осадконакопления, тектоническим строением Западно-Сибирской платформы занимались многие исследователи: Р.В.Белов, В.Б.Белозеров, А.А.Булынникова, Т.И.Гурова, Ф.Г.Гурари, Е.Е. Даненберг, О.Г.Жеро, Н.П.Запывалов, В.П.Казаринов, А.Э.Конторович, В.А.Конторович, К.И.Микуленко, И.И.Нестеров, З.Я.Сердюк, В.С.Сурков и др.

Игольское куполовидное поднятие расположено на юго-востоке Западно-Сибирской плиты в Нюрольском осадочном бассейне. Основные исследования юрского разреза изученной территории были практически закончены в 80-х годах прошлого века. В настоящее время, в связи с вводом в разработку месторождений Игольской куполовидной структуры, потребовалась детализация результатов литологических и фациальных исследований, необходимость уточнения зоны распространения песчаных пластов и других особенностей строения месторождений.

Складчатым основанием Нюрольской впадины являются породы Межовского массива байкальского возраста консолидации. Формирование Нюрольской впадины связано с наложением в этом районе структур палеозойского (Чекинский прогиб) и раннемезозойского (Колтогорский грабен-рифт) возраста.

В региональном структурно-тектоническом плане верхней юры Западно-Сибирской плиты Игольско-Таловое месторождение расположено в южной части Нюрольской впадины и структурно приурочено к Игольско-Таловому локальному поднятию, являющемуся составным элементом более крупной Игольской куполовидной структуры и занимающему в последней центральное положение. В составе Игольско-Талового месторождения выделяются две крупные залежи: восточная – Игольская и западная – Таловая.

В геологическом строении района работ принимают участие образования палеозойского фундамента, несогласно перекрытые слабодислоцированными и не дислоцированными отложениями мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Васюганская свита (верхняя юра) по степени песчаности и глинистости расчленена на две подсвиты. Нижняя подсвита (существенно глинистая) представлена аргиллитами с редкими прослоями алевролитов и песчаников. Верхняя подсвита – песчанистая, иногда с глауконитом, прослоями алевролитов и аргиллитов. Отложения верхневасюганской подсвиты слагают основную часть продуктивного горизонта Ю<sub>1</sub>, в составе которого выделяются активно развитые песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>1-4</sup>. Согласно существующей дифференциации, в разрезе горизонта Ю<sub>1</sub> выделяются две толщи, разделенные между собой угольным пластом У<sub>1</sub> или песчано-углисто-глинистой пачкой континентального происхождения – межугольной толщей. В нижней подугольной толще формируются песчаники Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>, а в надугольной - песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, отличающиеся чрезвычайным непостоянством состава и строения.

Образование подугольной толщи горизонта Ю<sub>1</sub> происходило в условиях регрессии моря. На момент формирования межугольной толщи изучаемая территория представляла собой прибрежно-континентальную равнину с развитием маршевой зоны. Наступление моря в позднем оксфорде приводит к отложению прибрежно-морских осадков надугольной толщи, где сосредоточена максимальная концентрация запасов нефти. Практически повсеместно, где существует хороший проницаемый пласт под баженовской свитой, на локальных поднятиях выявлены залежи углеводородов.

## **Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПОЛОЖЕНИЕ ПЛАСТА Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> В ВЕРХНЕЮРСКОМ РАЗРЕЗЕ НЮРОЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ**

Сложное строение васюганской свиты описано во многих работах (Зонн и др., 1975; Белозеров и др., 1980; Рысев, 1983; Худорожков и др., 1989; Белозеров и др., 1991 и др.). Литостратиграфическая ее конструкция очень изменчива по латерали и генетически разнородна в пределах конкретных площадей. Во многих разрезах Нюрольской впадины надугольная толща представлена не в полном объеме (Шурыгин и др., 2000 и др.). За счет размыва в начале или конце позднего оксфорда пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> или Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, иногда оба пласта, из разреза выпадают. Глинисто-алевритовые прослои, разделяющие эти пласты, не выдержаны по латерали, как и сами песчаники. Разграничить пласты иногда возможно только за счет их литологической неоднородности.

Исторически сложилось так, что для юры Сибири региональные горизонты обычно рассматривались на основе этапности осадконакопления, а не на биостратиграфической основе (Шурыгин и др., 2000). По существующим биостратиграфическим критериям индексации пластов горизонта Ю<sub>1</sub> изучаемый пласт идентифицируется как Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> (Татьянин, Волков, 1982). Автор в работе использовал литостратиграфическую типизацию разрезов Нюрольской впадины и Каймысовского свода, предложенную В.Б.Белозеровым. Согласно этому литостратиграфическому расчленению, изучаемый пласт обозначается как Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>.

## **Глава 3. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> ИГОЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ**

Вещественный состав пород васюганской свиты месторождений Нюрольской впадины достаточно полно исследован (Ежова, Цибулькинова, 1989; Жуковская, Недоливко, Ежова, 2000; Недоливко, 2001 и др.), но детальным исследованиям вещественного состава пород Игольской куполовидной структуры ранее уделено недостаточно внимания (Столбова, 1995).

Автором исследовался минералого-петрографический состав песчаных и алевритовых пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольской площади: содержание и состав в них цементирующего материала, взаимоотношения между обломочным материалом и цементом; вторичные преобразования пород, гранулометрия и степень отсортированности обломочного материала.

Породы продуктивной части пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> представлены песчаниками с тонкими прослоями алевролитов и глин.

Алевролиты характеризуются серой и светло-серой окраской. Породы в большинстве случаев слоистые за счет тончайших прослоев аргиллитов и послойного скопления слюдистых минералов и углефицированного растительного детрита.

В литологическом отношении (скв.5, 9, 11, 14, 16, 1087, 1107) песчаники серые, темно-серые и зеленовато-серые, преимущественно мелко-среднезернистые, спорадически отмечаются крупнозернистые разности. Текстура их массивная, горизонтальная, линзовидная, косослоистая, обусловленная изменением гранулометрического состава обломочного материала и скоплениями углефицированного детрита, микроконкреций пирита, остатков морской фауны пелеципод и аммонитов. Отмечается послойная трещиноватость в породах (скв.1061,375,1087,1107 и др.).

Результаты изучения гранулометрического состава песчаников позволили выделить две основные гранулометрические их разности – среднезернистую с преобладающей фракцией 0,5-0,25 мм и мелкозернистую с размерностью обломочного материала 0,25-0,1 мм.

В составе обломочной части песчаных пород доминирует кварц (55-70 %), в меньшем количестве присутствуют полевые шпаты (10-20 %) и обломки пород (до 10 %), что соответствует мезомиктовым разностям песчаников по классификации В.Н.Шванова (1987). Слюдистые минералы образуют в породах тонкие нитевидные послойно ориентированные прослойки. Слюды интенсивно деформированы и смяты. Биотит гидратируется, расщепляется вдоль спайности, приобретая червеобразные формы, переходит в вермикулит и гидробиотит с выделением комочков бурых оксидов железа. Мусковит менее пластичен, по сравнению с биотитом, и чаще подвержен хрупким деформациям.

Акцессорные минералы представлены апатитом, эпидотом, реже сфеном, турмалином, гранатом. К наиболее ранним аутигенным образованиям относятся глауконит и пирит. Органические остатки встречаются в породах в заметном количестве. Сложены они известковым веществом и представлены серпулами и обломками двустворок.

Цементы песчаников разнообразны как по минеральному составу, так и по структуре. Они представлены главным образом новообразованными минералами, возникшими в результате эпигенетического изменения тонкообломочного материала, глинистых продуктов, выполнявших изначально промежутки между песчаными зёрнами, частично за счет преобразования последних.

Содержание цемента в песчаниках варьирует от первых до 30-40 и более процентов объема породы. Преобладающими являются кварцевый регенерационный и базальный пойкилитовый кальцитовый цементы. В бесцементных участках цементация обломков осуществляется путем конформации. В составе цементирующих глинистых минералов отмечаются гидрослюда, каолинит, смешаннослойные образования типа гидрослюда-монтмориллонит, хлорит.

Изучение постседиментационных преобразований пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> показало, что в песчаниках присутствуют одновременно минеральные индикаторы разных этапов стадийного эпигенеза.

Под стадийными автор понимает процессы, идущие в породах без привноса вещества при их погружении. Характер этих процессов обусловлен минеральными и структурно-текстурными особенностями пород. К стадийным преобразованиям нами отнесены: механическая деформация зёрен, растворение их под давлением, регенерация минералов.

Механическая деформация в исследуемых породах наблюдается сравнительно часто. Зёрна кварца и реже полевых шпатов, сдавленные соседними

обломками, распадаются на отдельные неделимые части, сохраняющие в своем расположении ориентировку и общие контуры изначального зерна. Пластическую деформацию претерпевают зерна плагиоклазов и слюд. Деформация плагиоклазов выражена в изгибании двойниковых швов, в трансляционном скольжении двойниковых индивидуумов один относительно другого. Пластинки слюд интенсивно изогнуты и приспособляются к обломочным зернам.

Растворение под давлением (механическое уплотнение) проявляется на контактах не уплотняемых механически твердых зерен (кварца с кварцем, кварца с полевым шпатом или другим каким-либо минералом) с образованием конформных и инкорпорационных контактов. Такие преобразования, как правило, сопровождаются регенерацией части кварцевых и полевошпатовых зерен.

Среди наложенных процессов, обусловленных привнесением вещества, выделены: карбонатизация (кальцитизация), каолинитизация, поровое выщелачивание. Кальцит в исследуемых породах отмечается двух типов – пелитоморфный до микро-мелкозернистого и перекристаллизованный. Пелитоморфный и микрокристаллический кальцит (диагенетический) встречается в виде реликтов, наблюдаемых в цементе песчаников под микроскопом среди перекристаллизованного позднее мелкокристаллического агрегата. Перекристаллизованный кальцит представлен двумя генерациями, что свидетельствует о его формировании в различные стадии. Диагенетический мелко-среднезернистый кальцит с реликтами микрозернистого и следами слабой коррозии обломочного материала развит незначительно (до 10 %). Эпигенетический неравномернозернистый кальцит является доминирующим (до 40 %). Размер зерен колеблется от неразличимозернистых (<0,01) до 0,3 мм и даже 1,5 мм. Тип цементации преимущественно порово-базальный и базальный, участками пойкилитовый.

Кристаллизация ката- и эпигенетических карбонатов наиболее широко проявляется в кровельной и подошвенной частях песчаных пластов и внутри их на контакте с практически непроницаемыми глинистыми породами.

Неоднородная карбонатная цементация приводит к возникновению вертикальной зональности, когда слабощементированные породы пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> перемежаются с крепкими карбонатизированными разностями – известковистыми песчаниками. Причины выделения такой обильной массы кальцита в песчаных прослоях могут быть различными и проанализированы в работах (Перозио, 1971; Ефремов и др., 1983; Никашкин, 1983; Сидоренков, Высоцкий, 1985; Сахибгареев, 1990 и др.). Подобные литологические типы разрезов отмечены Х. Редингом (1990) при изучении баровых песчаников.

Поровое выщелачивание является типичным процессом наложенного эпигенеза и заключается в растворении и выносе вещества неустойчивых минералов. Поры в исследуемых песчаниках имеют щелевидные, угловатые и извилистые неровные формы, соединенные между собой. Мелкие полости сливаются в более крупные, которые могут достигать 0,2-0,4 мм. Вторичные поры, образованные при выщелачивании, отличаются от первичных усложнением внешних контуров зерен и сложным пространственным распределением реликтов цемента. В шлифах также наблюдаются межзерновые поры малых размеров – 0,05-0,1 мм.

В поровом пространстве пород наблюдается аутигенный каолинит, исходными минералами для которого могли служить гидрослюды,

смешанослойные образования и калиевые полевые шпаты. Свободное поровое пространство полностью выполнено каолинитовыми агрегатами, плотно прилегающими друг к другу. Крупные каолинитовые пакеты в поровом пространстве располагаются под различными углами друг к другу, что способствует образованию вторичных пустот (межпакетных пор). В межзерновом пространстве, выполненном новообразованным каолинитом, в отличие от реликтового глинистого материала, отсутствуют пигментирующее тонкодисперсное ОВ и обрывки растительного детрита.

На основании проведенных минералого-петрографических исследований пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольской площади выявлены основные закономерности изменения их состава и характер постседиментационных процессов в коллекторах.

1. Вторичные изменения в песчаниках обусловлены составом его первичной терригенной составляющей и, в большей мере, наличием глинистого цемента. В осадках с обедненной глинистой составляющей уплотнение зерновой структуры и соприкосновение зерен неизбежно. При этом автоматически запускается процесс стадийных вторичных изменений, которые в значительной степени преобразуют породу.

2. Доминируют два процесса вторичных изменений – гравитационное уплотнение (гравитационная коррозия и растрескивание зерен – эндокинетическая трещиноватость); децементация и каолинитизация пород. Первые ухудшают, а вторые улучшают фильтрационно-емкостные характеристики пласта.

3. Широко развиты наложенные процессы карбонатизации, снижающие проницаемость коллекторов.

4. Изучение пространственно ориентированных шлифов дает основание полагать, что проявление вторичных процессов контролируется внутрислойной текстурой пласта. В рамках проведенных исследований это наиболее заметно по проявлению процессов порового выщелачивания и карбонатизации.

#### **ГЛАВА 4. ПЕТРОСТРУКТУРНАЯ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ КОЛЛЕКТОРОВ ПЛАСТА Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>**

Петроструктурный анализ порообразующих минералов, как оптический метод исследования горных пород, позволяет получать данные о динамическом режиме их формирования. Из порообразующих минералов главным объектом подобных исследований является кварц. Р. Ровландом (1946), В.К. Головенком (1953), Д.Н. Ивановым (1959) и др. было отмечено, что, наряду с ориентировкой по форме зерен, наблюдается ориентировка оптических осей кварца и значительная часть проекций их выходов располагается в плоскости напластования пород с отклонениями в интервале 5-25°. Это служит прямым доказательством того, что форма обломков зерен кварца не является случайной, а определяется структурой минерала.

Степень упорядоченности расположения обломочных зерен свидетельствует о большом разнообразии в направлениях потоков. Причина заключается в том, что слабые течения и волны, которые не способны образовывать заметных текстур в осадках, могут все же влиять на ориентировку песчаных зерен.

Автором исследовались осадочные отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> по разрезу скважин 1087 и 1107 Игольской площади. Изучены ориентировки удлиненной формы зерен и оптических осей обломочного кварца песчаников и алевролитов в ориентированных шлифах (по 2 взаимно ортогональных шлифа в вертикальной и

горизонтальной плоскостях). Изучение ориентировки по удлинению велось по тем же самым зернам, для которых определялась ориентировка оптических осей.

Анализ характера удлинения зерен кварца позволил выделить в изучаемых песчаниках 2 типа преимущественных направлений ориентировки длинных осей кварца.

Первый тип с бимодальной ориентировкой удлиненных зерен кварца характерен для большей части исследуемых шлифов и определяется распределением двух максимумов по удлинению зерен: резко выраженным в одном направлении и менее заметным в другом (рис. 1А). Интенсивность статистических максимумов составляет 15-19 % и более. Угол между максимумами колеблется от 30° до 90°. Подобная ориентировка удлинений зерен кварца характерна для прибрежных (внутренних) зон водных бассейнов, подвергающихся действию разнонаправленных потоков.

Вдольбереговые течения располагают удлиненные зерна кварца параллельно береговой линии ( $L_1$ ). Прибойный поток, являющийся, в свою очередь, результатом разложения волновой энергии в зоне торможения волн на мелководье по правилу параллелограмма, состоит из вдольбереговой и перпендикулярной к берегу прибойной составляющих. Подходя к берегу под углом, поток часть удлиненных зерен ориентирует на мористом склоне бара субнормально к берегу ( $L_2$ ), а часть – параллельно береговой линии, что приводит к более выраженному проявлению линейности  $L_1$ . Набегающая волна (прямой прибойный поток или накат) имеет большую энергию и скорость, чем обратный поток (отток), поскольку при последнем часть энергии тратится на трение, фильтрацию и др. Это приводит к появлению серии локальных максимумов ориентировки удлиненных зерен кварца вблизи линейности меньшей интенсивности  $L_2$ . Интерпретация бимодальной ориентировки удлинений зерен, чаще всего возникающей при переработке осадка двумя потоками, текущими в разных направлениях, отмечалась и другими исследователями (Грязнова, 1949; Фролов, 1984; Градзиньский и др., 1980 и др.).

Второй тип ориентировки удлиненных зерен кварца прослеживается в диаграммах с преобладанием одного или двух максимумов по удлинению зерен кварца (рис. 1Б). Интенсивность статистических максимумов довольно высока – 18-20 %. Угол между главными максимумами фиксируется в пределах 30°.

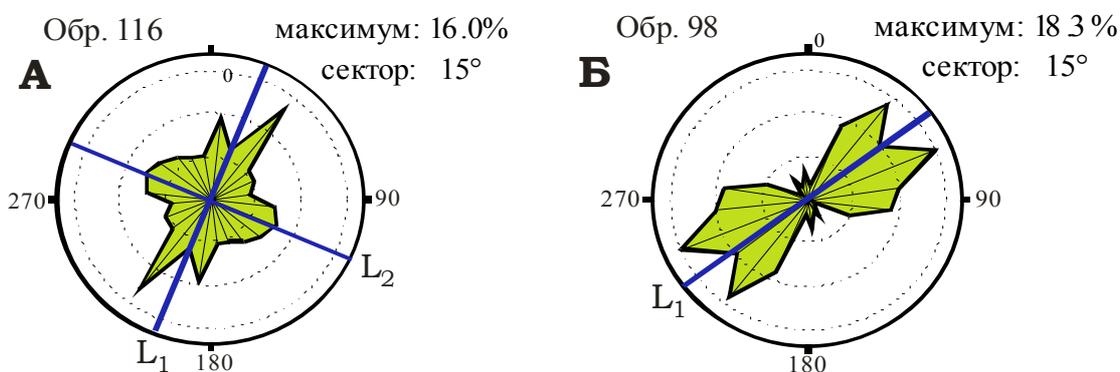


Рис 1. Ориентировка удлинений зерен кварца в песчаниках пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> (А – 1 тип, Б – 2 тип) Игольской площади (скв. 1087, 1107)

Данный тип ориентировки устанавливает предпочтительное расположение удлиненных кварцевых обломков согласно направлению движения быстрого водного потока, приводящего к расположению зерен острым концом вниз по

течению. Подобную ориентацию зерен может создавать умеренная до сильной движущая среда вдольбереговых течений.

Изучение предпочтительной ориентировки удлиненных кварцевых зерен исследуемых пород показало, что практически для всех образцов обнаруживается бимодальное их распределение. Существенное влияние на формирование упорядоченного строения пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> оказывали вдольбереговые течения и прибойные потоки. Преимущественной ориентировкой удлиненных обломочных зерен является север – северо-восточного направление.

Предполагаемые механизмы формирования линейных ориентировок удлиненных зерен кварца подтверждаются результатами проведенного нами изучения петроструктурных узоров кварца в породах. Анализ петроструктур кварцевых зерен изучаемых пород позволил выделить 2 типа предпочтительных ориентировок оптических осей кварцевых частиц.

Первый тип ориентировки оптических осей кварца представлен на рис. 2 А. Типичный узор ориентировки оптических осей кварца данного типа (обр.116) характеризуется наличием двух поясов концентрации. Большая часть оптических осей кварца обнаруживает коническое рассеивание в поясе вокруг линейности L<sub>1</sub> с радиусом примерно 30°. В этом поясе отмечаются два максимума высокой плотности (11% и 8%), располагающиеся симметрично к L<sub>1</sub> под углом 20-25°. Другой пояс концентрации оптических осей зерен кварца ориентирован нормально к L<sub>1</sub>. В этом поясе отмечается 8%-ый максимум плотности оптических осей, расположенный вблизи линейности L<sub>2</sub>.

Фациальная интерпретация рассмотренной диаграммы позволяет предположить механизмы осаждения терригенного материала. При перекачивании удлиненных кварцевых частиц оптическая ось зерен будет располагаться перпендикулярно течению, либо образовывать с ним малый угол, выражающийся на диаграмме в виде дуги малого круга. Причем, чем интенсивнее перекачивание частиц, тем меньше диаметры малого круга и более отчетливые концентрации ориентировок оптических осей зерен. Направление линейности L<sub>1</sub> в этом случае ориентировано параллельно береговой линии. Максимумы плотности оптических осей кварца, расположенные на дуге большого круга, указывают на волноприбойный механизм формирования осадка – осаждение зерен обратным смывом, происходящим субнормально к берегу. Проявление линейности L<sub>2</sub> субнормально к линейности L<sub>1</sub> указывает направление волноприбойных течений. В соответствие с этим определяется береговая линия, соединяющая центры малых дуг. Береговая линия имеет северо-восточное простирание, что согласуется с палеомагнитными данными и результатами изучения зерен по удлинению.

Второй тип ориентировки оптических осей кварца, установленных для удлиненных зерен, приведен на рис. 2 Б. На диаграммах отчетливо прослеживается дуга малого круга с центром, ориентированным под углом 45-60° к горизонту. На диаграммах устанавливается локальный максимум плотности оптических осей зерен кварца с тенденцией кругового распределения. При этом центр малого круга (π) располагается в плоскости данного пояса. Интенсивности максимумов оптических осей кварцевых зерен устанавливаются в пределах 6-9%. Полученные узоры характеризуют направленные течения умеренной и высокой энергии – вдольбереговые либо сильные донные течения, образующие косую слоистость в отложениях или знаки ряби.

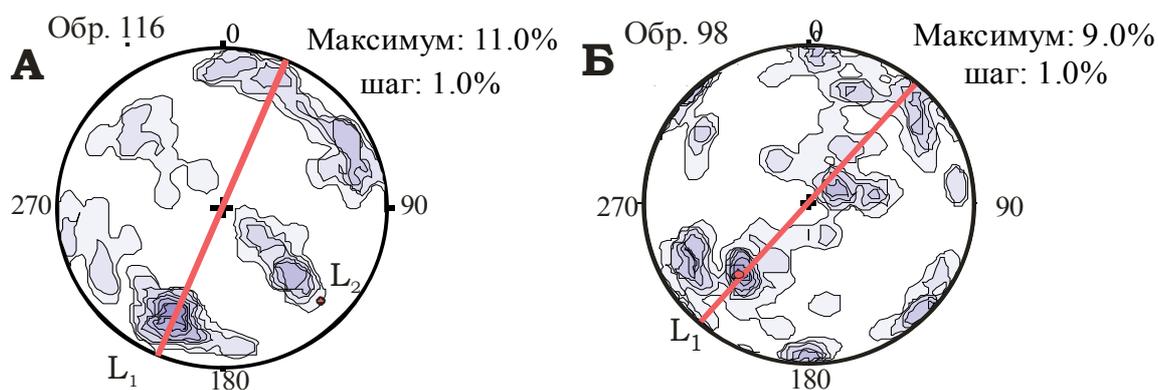


Рис. 2. Диаграммы ориентировки оптических осей кварца (А – 1 тип, Б – 2 тип). Изолинии проведены 1-2-4-6-8-10 % на 1% сетки Шмидта. Проекция на верхнюю полусферу. 100 замеров.

Течения мощных линейных потоков «разбрасывают» зерна кварца и ориентировка их оптических осей характеризуется узором малого круга на диаграмме, центр которого лежит в остром угле этой линейности. Длинные оси располагаются в плоскости напластования по разным азимутам, обуславливая диаграммы поясового типа, что характерно для подвижной среды осадкоотложения и является признаком течения переменного направления.

Направления течения устанавливаются на диаграммах по наиболее выраженному максимуму удлинений зерен либо по биссектрисе острого угла между максимумами удлинений. Ориентировка потоков, переносящих терригенный материал по течению характеризуется северо-восточным направлением (30-60°).

Таким образом, фациальные и динамические условия образования пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> определяются формированием на начальном этапе седиментогенеза высокопористого обломочного осадка (песка) путем накопления обломочного материала, в основном средне-мелкозернистого. Фациальные и динамические условия осадконакопления определяются шельфовой водной средой, носящей волноприбойный характер в комплексе с вдольбереговыми течениями. Скорость волновых течений установлена как умеренная до сильной. По данным микроструктурного анализа отслеживаются направления береговой линии северо-восточного направления.

В целом необходимо отметить, что анализ структурных и микроструктурных исследований кварцевых зерен коллекторов пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольской площади Игольско-Талового месторождения позволил установить их седиментогенную природу (Краснощекова, 1999).

Возможности выявления и последующего моделирования неоднородности продуктивных пластов основаны на изучении предварительно ориентированных в пространстве образцов керна продуктивных коллекторов комплексом методов, включающих определение анизотропных параметров петрофизических (упругих, магнитных, электрических) и фильтрационных свойств, а также микроструктурный анализ пород по ориентированным шлифам. Такой подход к проблеме обеспечивает выявление упорядоченных структур в коллекторах, позволяет объяснить механизм их формирования и характер отражения в различных видах физических полей.

Пространственное ориентирование керна, предназначенного для изучения анизотропных характеристик осадочных пород Игольской площади производилось палеомагнитным методом. Для ориентировки керна применялась стандартная методика ориентирования по вязкому компоненту, разработанная Б.В. Буровым (1976) и адаптированная к условиям Западной Сибири Г.И. Тищенко, В.П. Меркуловым и др. (1990).

Сложность проблемы и отсутствие общепринятых методических приемов потребовали выработки специального комплексного подхода к ее решению. Методологически процесс исследований включал в себя восстановление пространственной ориентировки образцов керна палеомагнитным методом, изучение литолого-структурных особенностей отложений с применением ориентированных шлифов, включая микроструктурный анализ по зернам кварца, определение комплекса фильтрационно-емкостных (пористость, проницаемость) и петрофизических (плотностных, упругих и магнитных) свойств с измерением анизотропии магнитных и упругих параметров пород. Методика опробована в различном объеме на керне Игольско-Талового, Крапивинского, Вахского, Северо-Васюганского и Южно-Черемшанского месторождений, а также серии площадей юго-восточной части Нюрольской впадины (Калиновая, Северо-Калиновая, Солоньевская и др.) (Краснощекова, 1999; Меркулов, Краснощекова, 2003; Посысов, Меркулов, Александров и др., 2001 и др.).

Пространственное ориентирование керна палеомагнитным методом и определение петрофизических свойств исследуемых образцов были проведены В.П. Меркуловым, доцентом Томского политехнического университета.

В результате эксперимента были получены данные измерения магнитных, упругих и других характеристик пород по 98 образцам из скважин №1107 и 1087 Игольско-Талового месторождения (Игольская площадь).

Полученные данные позволили построить кривые распределения магнитоэлектрических и физико-механических свойств пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> по разрезу скважин. Анализ диаграмм остаточной намагниченности ( $J_n$ ), магнитной восприимчивости ( $\chi$ ), фактора Кенигсбергера ( $Q$ ), коэффициентов анизотропии магнитных ( $K_m$ ) и упругих ( $K_u$ ) свойств, плотности пород, скорости прохождения волн в исследуемых породах показывает их определенные количественные вариации, как по скважинам, так и по глубинам.

Распределение магнитных характеристик исследуемых образцов пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> в разрезах скважин совпадает с выделенными автором зонами повышенной интенсивности постседиментационных проявлений и аутигенеза в породах. Повышенные значения магнитной восприимчивости связаны с различными стадияльными (позднедиа- и катагенетическими) и эпигенетическими образованиями из гидроксидов железа, продуктов окисления и замещения сидерита, пирита и магнетита. Повышенные значения остаточной намагниченности, коэффициентов анизотропии магнитных и упругих свойств и фактора Кенигсбергера фиксируют идущие процессы выщелачивания и глинизации. Учитывая, что в осадочных породах значения фактора Кенигсбергера ( $Q$ ) более 1,2 указывают на появление в породах химической намагниченности, то можно говорить о вторичном изменении пород (Храмов, 1982). Петрофизические данные хорошо согласуются с результатами петрографического анализа.

Полученные после обработки результатов магнитных и упругих измерений данные позволили построить их полярные проекции в условной системе координат (рис.3А, Б).

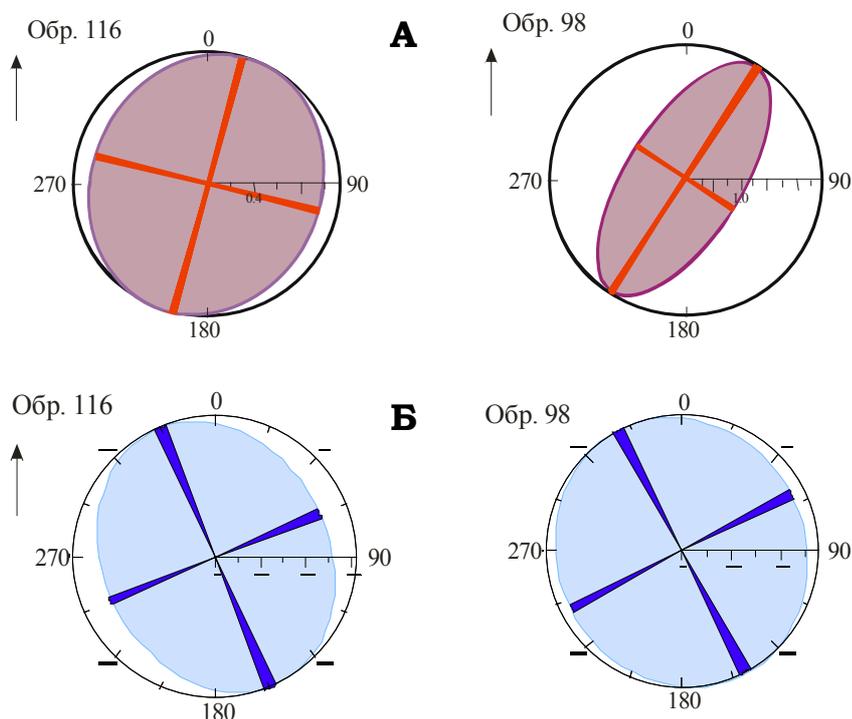


Рис. 3. Полярные проекции анизотропных определений магнитных (А) и упругих (Б) свойств песчаников

Неоднородность распределения количества ферромагнетика по разным направлениям в плоскости напластования ХУ отражается в эллиптической форме характера распределения магнитной восприимчивости на полярной проекции. Длинная ось эллипсоида указывает направление наибольшей способности к намагничению магнитными полями, короткая ось – направление наименьшей восприимчивости к воздействию магнитных полей.

Анизотропность упругих свойств отложений также имеет место, формируя своим видом эллипс распределения упругих свойств в плоскости ХУ. Длинная и короткая оси эллипса несут информацию о степени литологической упаковки зерен в минеральном каркасе терригенной породы. Направлению преимущественной упорядоченной (компактной) ориентировки зерен соответствует максимальная ось эллипса упругих параметров. Распределение упругих свойств по разрезам исследуемых скважин позволяет сделать вывод об анизотропии пород пласта со значениями  $K_u$ , достигающими 20 % и более, т.е. разница в скоростях пробега волны по разным направлениям весьма существенна и определяется достоверно.

Направление главной оси эллипсоида магнитной анизотропии отмечается преимущественно северо – северо-восточное, а упругой анизотропии – северо-западное. В пределах пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> направления максимумов магнитной и упругой анизотропии не совпадают, разворачиваясь на значительный угол, в отдельных случаях близкий к 90°.

Значения коэффициентов анизотропии магнитных и упругих свойств достигают в среднем 20-30%. Фактор анизотропности пород необходимо учитывать при построении моделей месторождений.

## **Глава 5. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАСТА Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ ИГОЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ**

С целью уточнения геологического строения продуктивного пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольской площади проводилось дополнительное изучение кернового материала и подбирались седиментационная модель, наиболее хорошо согласующаяся с фактическим материалом. По остаткам фауны, флоры и литологическим исследованиям пород, включающим их текстурный и вещественный анализы, цвет, комплекс аутигенных минералов, определялась фациальная группа (континентальная, морская, переходная), к которой относится интересующая нас толща. Наиболее характерный генетический признак, позволяющий отнести отложения пласта к морской группе фаций, – наличие в них морской фауны пелеципод, аммонитов и др. Неоспоримым свидетелем морского происхождения толщ является и совместное нахождение глауконита и фосфата. Морская и прибрежно-морская группа фаций включает в себя значительное многообразие обстановок осадконакопления. В рамках выделенной фациальной группы, проводилась интерпретация отдельных литологических объектов толщи. В соответствии с типом кривых ПС и ГК разреза, результатами анализа фильтрационно-емкостной и литологической неоднородности толщи выделялись литотипы изучаемого пласта и устанавливалась их пространственная взаимосвязь.

Подбор седиментационной модели основывался на литологической изученности осадочного разреза и представлениях об общей палеогеографической обстановке седиментации на момент формирования как самого пласта, так и подстилающих и перекрывающих его толщ. Модель проверялась путем поиска фактов, которые подтверждают или опровергают ее и ведут к ее преобразованию или усовершенствованию.

Автором выделен комплекс признаков и характерных фациальных особенностей отложений изучаемого пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, которые сопоставлялись с признаками типовых моделей формирования терригенных коллекторов, описанных М.Р.Лидером (1986), Х.Редингом (1977), Р.И.Селли (1989), Г.-Э.Рейнек, И.Б.Сингх (1981), Ч.Э.Б.Конибиром (1979) и др. Наиболее хорошо с фактическим материалом согласуется модель баров дальней зоны, предложенная J.Boyles, A.Scott (1982).

К характерным признакам фации песчаных баров дальней зоны относятся: 1) хорошая или средняя сортировка преимущественно мелкозернистых глауконитовых или кварцевых песчаников; 2) укрупнение зернистости от подошвы к кровле пласта (воронковидная форма ПС и ГК); 3) наличие как резко выраженных эрозионных (аккреционных), так и слабо проявляющихся (слоистость ряби) внутрипластовых косослоистых поверхностей; 4) наличие косослоистых глинистых пластов (или карбонатизированных песчаников), генетически связанных с аккреционными поверхностями; 5) латеральная связь песчаной постройки с шельфовыми илами; 6) высокая степень биотурбации шельфовых илов.

В соответствии с предложенной моделью, в пределах геоморфологических барьеров (Игольское куполовидное поднятие) шло накопление локализованных по площади линз повышенной мощности, выделяемых как бары дальней зоны.

Конседиментационный рост Игольской куполовидной структуры, на фоне развивающейся позднеюрской трансгрессии, способствовал накоплению обширного песчаного покрова, охватившего не только Игольско-Таловую структуру, но и частично Карайскую, Резервную и Налимью площади. Отсутствие коллектора на Западно-Карайской, Восточно-Моисеевской площадях, а также выклинивание пласта на Игольском (скв. 20, 6, 7), Налимьем (скв. 1, 2), Резервном (скв. 7), Карайском (скв. 7) поднятиях свидетельствуют о пространственной ограниченности песчаного тела.

Характерной чертой таких обстановок является тесное сообщество песчаных тел с илистыми образованиями – типичными отложениями дальней зоны. В пределах рассматриваемой территории эти илистые образования представлены осадками георгиевской свиты. В песчаниках отмечается последовательность напластования с укрупняющейся вверх зернистостью, позволяющая отнести их к баровым образованиям. Геометрия песчаных тел, их расположение в пространстве и особенности палеотечений указывают на то, что эти отложения представляют собой вытянутый покров песчаных пород, постепенно сдвигавшихся на северо-запад. Одним из характерных признаков этого аккумулятивного тела является совокупность большого числа аккреционных поверхностей в центральной части бара, которые полого наклонены в сторону суши (на северо-запад).

Поверхности эрозии баров дальней зоны в зависимости от гидродинамической активности морского бассейна могут быть представлены несколькими иерархическими уровнями. Поверхности коротких периодов отражают изменение формы дна и характеризуются первичными плоскостями напластования, биогенно переработанными поверхностями, не связанными с седиментацией.

Крупномасштабные поверхности эрозии имеют широкое латеральное развитие (сотни и тысячи метров), низкий рельеф (в основном менее метра) и не имеют глубоких врезов в виде каньонов. Часто им сопутствуют слои, обогащенные раковинами, с фосфатной и глауконитовой минерализацией, с признаками биотурбации. Формируются эти поверхности либо в течение кратковременных событий высокой энергии, возможно усиленных штормами, либо в результате воздействия более долгопериодичных приливно-отливных течений. Штормовые явления были способны эродировать подстилающие песчаники, оставляя самую крупную фракцию на месте, как остаточные отложения. Перекрывающие песчаники глинистые шлейфы, в свою очередь, указывают на значительное замедление потока перед возобновившейся транспортировкой песчаного материала.

Нахождение не разрушенных раковин аммонитов в исследуемых скважинах характеризует их накопление в условиях *in situ*, а не в результате совместной транспортировки с осадочным материалом из внутренней области шельфа. В средней части пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> скважины 406 находка аммонита с рельефной скульптурой свидетельствует об активной гидродинамике морского бассейна в период накопления песчаного тела. В разрезе песчаников пласта отмечаются целые прослой, обогащённые остатками раковин пелеципод. Скорее всего, данный факт можно связывать не с массовой гибелью этих организмов, а с периодами усиления гидродинамической активности. В результате этого процесса более легкий (песчаный) материал выносился за пределы палеоподнятия, а более тяжёлый

(раковины) оставался на месте и концентрировался с образованием отдельных биогенно обогащенных пропластков.

Детальные литологические и промыслово-геофизические исследования коллекторов Игольского куполовидного поднятия позволили выделить в его объеме ряд плотных, непроницаемых, маломощных пропластков. В литологическом отношении пропластки представлены серыми тонкозернистыми, крепко сцементированными, сильно известковистыми песчаниками с многочисленными включениями заизвесткованной фауны пелеципод. Иногда они состоят из темно-серых до черных плитчатых аргиллитов (Игольская – 5).

Местоположение этого пропластка в объеме пласта строго не определено. Так, он может находиться в его кровле (индексируется как  $K_1$ ), подошве ( $K_4$ ) или средней части ( $K_2$  и  $K_3$ ). Первая разновидность карбонатных образований отмечается на контакте песчаных и глинистых пластов. Можно предположить механизм формирования карбонатных прослоев. Латерально выдержанные прослои  $K_1$  и  $K_4$  образуются в результате отжатия постседиментационных вод в пласт из перекрывающих и подстилающих его глинистых отложений. Для этой группы пород характерна плохая сортировка терригенного материала, высокое содержание глинистой фракции, тонкая горизонтальная и пологонаклонная слоистость. Кальцит здесь имеет пелитоморфную структуру и связан с позднедиагенетическим отжатием поровых растворов глин в коллектор. Вторая разновидность карбонатов наблюдается в средней части пласта и приурочена к относительно крупнозернистым песчаникам. Прослои  $K_2$  и  $K_3$  более логично связывать с крупномасштабными эрозионными поверхностями, являющимися аккреционными поверхностями наращивания баровой постройки. Их проявление носит зональный характер.

Совокупность карбонатизированных песчаных прослоев, выделяемых в объеме продуктивного пласта, позволила выделить два типа продуктивного разреза.

Первый тип – однородный («чистый») – характеризуется присутствием прослоев  $K_1$  и  $K_4$ . В качестве подтипа отмечается разрез с расположенным в непосредственной близости от  $K_4$  прослоем  $K_3$ . Второму типу – слоистому или «карбонатизированному» – свойственно наличие в теле коллектора прослоев  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_4$ . Менее значимые в площадном отношении разрезы с полным набором прослоев  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ , выделяющиеся в ранг подтипа.

Схема распределения выделяемых типов и подтипов разрезов пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> на изучаемой площади показывает определенное «полосовидное» проявление по площади выделяемых типов. Имея либо хорошую латеральную выдержанность, либо фрагментарную «пятнистую» прослеживаемость северо-восточной ориентировки, эти типы сменяют друг друга в северо-западном направлении. Степень латеральной выдержанности выделяемых типов различна.

Рассматривая пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> не в качестве единого седиментационного объекта, а как сообщество отдельных песчаных тел бокового наращивания, проведена корреляция выделяемых в скважинах плотных прослоев по профилю эксплуатационных скважин вкрест простирания баровой постройки. Такое сопоставление позволяет наметить в пределах представленного профиля минимум три разновозрастных песчаных тела. Участки наложения выделяемых песчаных тел формируют карбонатизированный тип разреза, а центральные части отдельных баровых образований характеризуют чистые разрезы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены новые данные по внутренней структуре, строению и вещественному составу отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольско-Талового месторождения.

Формирование отложений васюганской свиты (пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>) изученного месторождения достаточно хорошо описывается седиментационной обстановкой, свойственной барам дальней зоны.

Выделяемый баровый комплекс на Игольско-Таловом месторождении имеет северо-восточное простирание слагающих его песчаных тел. Сформированные в процессе бокового наращивания по латерали, разновозрастные песчаные тела бара отделены друг от друга аккреционными поверхностями, характеризующими эрозионные плоскости наложения. В зависимости от расположения карбонатизированных пропластков (аккреционных поверхностей) выделяются два типа разреза продуктивного пласта. Первый тип представлен относительно «однородными» коллекторами, второй – «слоистыми» с серией прослоев карбонатизированных песчаников. Унаследовав простирание баровой постройки на северо-восток, выделяемые типы разрезов в виде протяженных вытянутых зон сменяют друг друга в северо-западном направлении на расстоянии 1,5-2 км.

Результаты проведенных исследований и данные анализа разработки месторождения позволили установить косослоистое строение продуктивного резервуара, проявляющегося на двух уровнях. Макроуровень косослоистости связан с наличием в пласте наклонно залегающих аккреционных поверхностей, формирующих слоистый тип разреза пласта. Отдельные пропластки данного типа разреза гидродинамически изолированы в крест простирания баровой постройки. Микроуровень косослоистого строения наиболее проявлен в однородных коллекторах и обусловлен наличием косослоисто залегающих песчаных микропрослоев, имеющих различные фильтрационно-емкостные характеристики. Анизотропия коллекторских свойств в этом типе разреза зависит от фациальной природы коллектора в конкретно взятой скважине.

В фациальном отношении песчаный пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> не однороден. Совместно с осадками баровых образований отмечаются зоны развития потоковых фаций, связанных, вероятнее всего, с деятельностью вдольбереговых течений.

Литолого-петрографические исследования пород пласта показали масштабность проявления в них вторичных преобразований. В первую очередь, это наложенная карбонатизация, снизившая проницаемую составляющую коллектора. Изучение шлифов свидетельствует, что карбонатизация затрагивает пласт в целом, в то время как гравитационное уплотнение и цементирование пород проявляется в разрезе послойно.

Как показали исследования, между гранулометрической структурой осадка и его фильтрационно-емкостными свойствами не наблюдается какой-либо значимой зависимости. В то же время, определенная взаимосвязь отмечается между распределением ФЕС, фациальной природой коллектора и выделяемыми типами разреза продуктивного пласта. Породы баровой фации обладают повышенной проницаемостью по сравнению с песчаниками потоковой фации.

Проведенный комплекс петрофизических и петроструктурных исследований позволил установить, что песчаный пласт обладает пространственной анизотропией фильтрационно-емкостных свойств. Критические направления пространственной анизотропии хорошо согласуются с анизотропией магнитных,

электрических и упругих свойств пород, что совместно с работами по исследованию ориентированного керна позволяет проводить целенаправленно лабораторное изучение анизотропии песчаных резервуаров.

Вектор наибольшей проницаемости пород соответствует преобладающим направлениям удлинения кварцевых зерен и магнитной восприимчивости пород. Направление главной оси упругой анизотропии (по скорости продольных волн) преимущественно ортогонально направлению наибольшей проницаемости пород. Пространственная ориентировка обломочных зерен связана с гидродинамическими особенностями формирования терригенных резервуаров и предопределяет структуру поровой матрицы и анизотропию ее фильтрационной характеристики.

По данным микроструктурного анализа отслеживается север-северо-восточное направление береговой линии, что согласуется с предлагаемой фациальной моделью строения барового осадочного комплекса в западной части Нюрольской впадины на Игольском куполовидном поднятии.

Разработанная на кафедре петрографии ТГУ и кафедре геофизики ТПУ методика структурно-литологического и петрофизического прогноза анизотропии пород с высокими фильтрационно-емкостными свойствами впервые применена для изучения осадочной толщи Игольско-Талового месторождения. Данные исследования включали в себя, помимо традиционных литолого-петрографических методов, петроструктурный анализ в комплексе с геофизическими работами.

Установлено, что эффект анизотропии пород влияет не только на их структуру и характер распределения порового пространства, но и на петрофизические характеристики пласта. Так, значение коэффициента анизотропии магнитных и упругих свойств пород в изученных коллекторах может достигать 30% и более. Разработана методика выявления литологической и микроструктурной неоднородности в нефтеносных породах. Интерпретация полученных данных показывает полную согласованность петрофизических и фильтрационно-емкостных характеристик пород с данными литолого-фациального анализа. Эта методика прошла апробацию при исследовании коллекторов нефтяных месторождений Томской области (Игольско-Таловое, Крапивинское). Результаты исследований использованы ОАО «Томскнефть» в производственном процессе.

Несомненно, исследования в данном направлении необходимо продолжить. Данная методика требует дальнейшего совершенствования в определении механизма формирования анизотропии коллекторов и оценки взаимосвязей с эксплуатационными характеристиками пластов (дебит, обводненность, проницаемость). Комплекс полученных данных, аккумулирующих полные сведения о вещественном составе, строении и условиях формирования терригенных пород позволит делать прогнозы и давать рекомендации для экономической и эффективной разработки нефтяных месторождений.

#### ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Краснощекова Л.А. Наложенный эпигенез коллекторов Игольско-Талового месторождения // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Сборник трудов. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – С. 82-84.

2. Краснощекова Л.А. Стадиальные изменения песчаников Игольско-Талового месторождения // Проблемы геологии и освоения недр. Материалы II

Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: ЦНТИ, 1998. – Ч.1. – С. 83-84.

3. Краснощекова Л.А. Седиментогенная ориентировка кварца в песчаниках горизонта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Игольско-Талового нефтяного месторождения (Томская область) // Структурный анализ в геологических исследованиях: Материалы Междунар. науч. семинара и Республиканской школы молодых ученых. – Томск: ЦНТИ, 1999. – С. 130-132.

4. Краснощекова Л.А., Орловская А.Г., Лысова О.В. Вторичная минерализация и химизм пластовых вод в нефтеносном пласте Ю<sub>1</sub> Игольско-Талового месторождения // Проблемы геологии и освоения недр: Материалы V Международного симпозиума им. академика М.А. Усова. – Томск: STT, 2001. – С. 115-118.

5. Краснощекова Л.А. Литологические особенности и коллекторские свойства отложений верхней юры Крапивинской площади // Проблемы геологии и географии Сибири: Материалы науч.конф. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – С.289-293.

6. Меркулов В.П., Краснощекова Л.А. Исследование пространственной литолого-петрофизической неоднородности продуктивных коллекторов месторождений нефти и газа // Известия ТПУ. – 2002. – Т.305. – Вып. 6. – С. 296-304.

7. Меркулов В.П., Александров Д.В., Краснощекова Л.А., Мартынова Т.Е., Ненахов Ю.Я. Методика и результаты изучения анизотропии верхнеюрских коллекторов (на примере Крапивинского месторождения углеводородов) // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: Материалы Всероссийской науч.-техн.конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 114-119.

8. Меркулов В.П., Александров Д.В., Краснощекова Л.А., Ненахов Ю.Я. Литолого-петрофизическая анизотропия песчано-глинистых коллекторов нефтяных месторождений // Научно-технический вестник ЮКОС. – М.: Издательский дом Нефть и капитал, 2004. – № 10. – С. 33-36.

9. Краснощекова Л.А., Мартынова Т.Е. Микроструктурный анализ как метод изучения осадочных нефтеносных отложений // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых: Материалы Всероссийской науч.конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С.272-275.