

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

**ГАБОВА КСЕНИЯ ВАЛЕРЬЕВНА**

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ СРЕДНЕ-  
ПОЗДНЕОКСФОРДСКИХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
КАЗАНСКОЙ ГРУППЫ (ЮГО-ВОСТОК НЮРОЛЬСКОЙ  
МЕГАВПАДИНЫ)**

Специальность **25.00.16** – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая  
геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель  
кандидат геолого-минералогических наук,  
О.С. Чернова

Томск-2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	13
<b>ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	19
2.1. Геолого-геофизическая изученность района работ.....	20
2.2. Стратиграфия.....	23
2.3. Тектоника.....	38
2.4. Нефтегазоносность.....	43
<b>ГЛАВА 3. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ТИПИЗАЦИЯ РАЗРЕЗОВ СРЕДНЕ-ПОЗДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ</b> .....	48
3.1. Литолого-петрографическая характеристика.....	48
3.1.1. Верхневасюганская подсвета .....	48
3.1.2. Барабинская пачка .....	65
3.1.3. Баженовская свита .....	68
3.2. Типизация разрезов .....	73
3.3 Основные выводы по главе.....	81
<b>ГЛАВА 4. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И ФАЦИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОБСТАНОВОК СЕДИМЕНТАЦИИ</b> .....	83
4.1. Литолого-фациальная характеристика верхнеюрских отложений .....	83
4.1.1. Континентальные фации межугольной пачки .....	84
4.1.2. Прибрежно-морские фации надугольной пачки .....	88
4.1.3. Относительно глубоководные фации барабинской пачки .....	94
4.1.4. Наиболее удаленные от побережья фации баженовской свиты .....	95
4.2. Геохимические особенности условий формирования .....	96
4.2.1. Закономерности изменения микроэлементного состава пород .....	97
4.2.2. Реконструкция условий образования осадков по основным геохимическим показателям.....	102
4.3. Реконструкция условий седиментации надугольной пачки.....	107

4.4. Основные выводы по главе.....	117
<b>ГЛАВА 5. ГЕОМЕТРИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ</b> .....	119
5.1. Влияние седиментации на геометрию залежи.....	121
5.2. Факторы, определяющие внутреннюю архитектуру природных резервуаров .....	122
5.3. Зависимость фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов от обстановок их формирования .....	124
5.4. Влияние седиментационных и постседиментационных преобразований на фильтрационно-емкостные свойства коллектора.....	129
5.5. Прогноз зон распространения коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными параметрами.....	142
5.6. Основные выводы по главе .....	145
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	147
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	149

## ВВЕДЕНИЕ

**Объектом исследования** являются терригенные отложения надугольной толщи верхней части васюганского горизонта Казанского нефтегазоконденсатного, Болтного нефтяного месторождения и Западно-Сомовской площади, расположенных в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на территории Парабельского района Томской области в пределах Пудинского нефтегазоносного района Васюганской нефтегазоносной области (НГО).

**Актуальность работы.** В последнее время, как правило, для районов долговременной разработки наблюдается тенденция к снижению добычи нефти, которая связана с ухудшением структуры извлекаемых запасов. В этих условиях для Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции большое значение приобретает проблема нефтегазоносности глубоких горизонтов, в том числе и юрских. В настоящее время верхнеюрский горизонт (Ю-1) является перспективным и наиболее сложным объектом для поисково-разведочных работ. В пределах изученной территории горизонт характеризуется полифациальностью, которая обуславливает неоднородность фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, их частую литологическую изменчивость по разрезу и по площади, и несоответствие технологических параметров разработки их проектным показателям. В таких условиях, наиболее актуальными являются исследования седиментологического плана, позволяющие установить условия формирования сложнопостроенной оксфордской терригенной толщи и выявить геометрию разрабатываемых пластов коллекторов, что и определяет актуальность настоящей работы.

**Степень разработанности темы исследования.** Исследованиями по данной тематике занимались коллективы Новосибирского и Томского территориальных геологических управлений (НТГУ и ТТГУ), Федерального государственного унитарного предприятия «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (ФГУП «СНИИГГиМС»), Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука» Сибирского отделения Российской акаде-

мии наук (ФГБУН ИНГГ СО РАН), государственного Западно-Сибирского научно-исследовательского института геофизических методов разведки (ЗапСибНИИ-геофизика), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национального исследовательского Томского государственного университета» (НИ ТГУ), Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского Томского политехнического университета» (НИ ТПУ), Открытого акционерного общества «Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа» (ОАО «ТомскНИ-Пинефть»). Развитием взглядов на геологическое строение и нефтегазоносность территории занимались Ф.Г. Гулари (1963, 1971, 1986), Н.П. Запивалов (1970), А.Э. Конторович (1975, 1994, 2013), В.А. Конторович (2002), А.Р. Курчиков, В.Н. Бородкин (2015), В.С. Сурков (1994), А.А. Трофимук (1983) и многие другие. Существенный вклад в изучение стратификации внесли такие исследователи как Ф.Г. Гулари (1986), В.А. Захаров (1997), В.И. Ильина (1985), О.Н. Костеша (1987, 2013), С.Н. Макаренко, Е.В. Полковникова, К.П. Лялюк, В.А. Коновалова (2013), Г.М. Татьянанин (1985, 2013) и другие. Результаты интерпретации геофизических материалов освещены в работах В.Б. Белозерова (2008, 2010), А.В. Ежовой (1996), Ю.Н. Карогодина (1983), В.П. Меркулова (1996), В.С. Муромцева (1981), Н.М. Недоливко (Закартировать..., 2001) и многих других. Вопросам фациальной принадлежности изучаемых отложений посвящены исследования В.Б. Белозерова (1980, 1984, 1988, 1990, 1991, 2007, 2011), Н.А. Брылиной (1988, 1990, 1984, 2006), Л.Г. Вакуленко (2001, 2009, 2011, 2013), Е.Е. Даненберга (1979, 1980, 1988, 1990, 1984, 2006), Т.Г. Егоровой (1989), Е.А. Жуковской (2010, 2017), Г.Г. Кравченко (2013, 2015, 2016), В.П. Меркулова (2002), О.С. Черновой (2002), П.А. Яна (2001, 2009, 2011, 2013) и других.

На сегодняшний день, несмотря на достаточную изученность литологических свойств пород-коллекторов верхнеюрских отложений, не в полном объеме исследованы особенности структуры порового пространства, а также причины низких фильтрационно-емкостных свойств, определяющих нефтеизвлечение.

Особенно важно учитывать эти факты на поздних этапах разработки нефтяных залежей, что также выдвигает эти проблемы в разряд наиболее актуальных.

Верхнеюрские терригенные коллекторы, слагающие горизонт Ю-I, характеризуются как «сложные коллекторы» больших глубин, залегание которых часто не контролируется структурными факторами, а фильтрационные свойства зависят от незначительного изменения литологического состава пород (Прошляков, Холодов, 1985). Детальная характеристика пород-коллекторов, выявление перспективных зон с улучшенными коллекторскими свойствами и разработка более совершенных геологических моделей не возможны без изучения условий формирования отложений и закономерностей их строения.

**Цель работы** на основе комплексных исследований установить закономерности смены обстановок формирования сложной по строению надугольной толщи месторождений Казанской группы для геометризации коллекторов и выявить закономерности распределения пород-коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами.

**Основные задачи:**

- изучить вещественный состав и строение отложений;
- провести литологическую характеристику и типизацию терригенных коллекторов;
- проанализировать фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов и их распределение по площади и по разрезу;
- оценить влияние седиментационных и постседиментационных процессов на коллекторские свойства пород;
- выявить зоны с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами;
- реконструировать обстановки осадконакопления с привлечением геохимических данных;
- построить актуальную седиментационную модель формирования средне-позднеоксфордских отложений.

**Фактический материал**, собранный лично и совместно с коллегами в 2009 – 2017 гг., является основой диссертации. Керн разведочных и эксплуатационных

скважин Казанской, Болтной и Западно-Сомовской площадей изучен на базе регионального кернохранилища ОАО «ТомскНИПИнефть» (г. Томск).

### **Научная новизна.**

▪ на базе комплексного литологического исследования терригенных пород, изучения седиментационных и постседиментационных преобразований **уточнен** вещественный состав и выделены зоны с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами пород-коллекторов надугольной пачки Казанской группы месторождений;

▪ впервые **выделены и описаны** 13 литолого-генетических типов отложений, слагающих 6 макрофациальных комплексов, отвечающих бассейново-мелководным, приливно-отливным и относительно глубоководным условиям седиментации;

▪ на основе детального изучения керна надугольной пачки юго-восточной части Нюрольской впадины **предложен** авторский вариант седиментологической модели Казанской группы месторождений;

▪ впервые примененный на данном месторождении ориентированный палеомагнитным способом керн позволил **уточнить** наклон территории с юга на северо-северо-восток, а также **выявить** направления палеотечений;

▪ впервые для данной группы месторождений **проведен** геохимический анализ, для выявления редкоземельных элементов в составе терригенных пород, результаты которого подтвердили сходимость литохимических реконструкций с фациальным анализом. Условия формирования отложений впервые реконструированы и проанализированы с использованием геохимических показателей по элементам-примесям;

▪ на основании изучения 36 геофизических разрезов скважин, включая 29 разрезов с керновым материалом **выявлены** площадные закономерности латеральной изменчивости литологического состава пород-коллекторов Казанской группы месторождений, на основе полученных результатов литолого-фациального анализа керна дана рекомендация о переиндексации пластов на Болтном месторождении.

**Практическая и теоретическая значимость работы.** В результате проведенного комплекса исследований получены практические рекомендации по созданию геологической модели надугольных пластов группы Ю-I, которые в дальнейшем могут быть взяты за основу при подсчете запасов нефти и газового кон-

денсата, сосредоточенных в верхнеюрских коллекторах в пределах территории исследования и использованы при выборе технологической схемы разработки. Составленные автором литолого-фациальные схемы и карты могут служить основанием при разработке мероприятий по увеличению нефтеотдачи пластов.

**Методология и методы исследования.** Для достижения цели и решения поставленных задач автором использованы геолого-геофизические, литологические, фациально-генетические, геохимические и палеогеографические методы изучения осадочных толщ. В процессе исследования применялся комплексный литолого-фациальный анализ, выполненный по рекомендациям В.П. Алексева (2002, 2007), Л.Н. Ботвинкиной (1957, 1962, 1965), Г.Ф. Крашенинникова (1971), В.Г. Кузнецова (2012), Д.В. Наливкина (1956), В.К. Прошлякова (1981), Х.Г. Реддинга (1990), Э. Хэллема (1983), В.М. Цейслера (2004) и др., который заключался в детальном изучении кернового материала с определением текстурных признаков, выделении литолого-генетических типов и макрофаций отложений горизонта Ю-І. Для подтверждения возраста изучаемых отложений применялся микропалеонтологический анализ, выполненный в Лаборатории микропалеонтологии НИ ТГУ. Петрографическое описание прокрашенных шлифов и выявление стадийных преобразований, влияющих на коллекторские свойства пород, выполнено автором во время работы в Лаборатории седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть» по стандартным методикам (Шванов, 1969, 1987, 1998, Черников, 1969, Япаскурт, 1994, 2008). Аналитические исследования заключались в интерпретации результатов геохимического, рентгенофазового, гранулометрического анализа.

#### **Основные защищаемые положения.**

*1. Пространственные закономерности изменения литологического состава надугольной толщи, сложенной преимущественно алеврито-песчаными породами с прослоями аргиллитов, известняков, ракушняков и углей, свидетельствуют о формировании отложений в прибрежно-морских условиях. Основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала являлись приливно-отливные течения и волнение морского бассейна.*

2. *Формирование полифациальных отложений верхней юры происходило в условиях переходной зоны от суши к морю. Выделенные в разрезе 13 литогенетических типов отложений отнесены к 6 макрофациям и генетически соответствуют бассейново-мелководным, приливно-отливным и относительно глубоко-водным условиям седиментации.*

3. *Прямым следствием литологической и фациальной неоднородности надугольной пачки является сложный характер изменчивости петрофизических параметров продуктивных пластов Казанской группы месторождений. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы, отнесенные к барам дальней зоны, средними свойствами – породы фации приливных каналов, ухудшенными – отложения приливных отмелей. Залежи среднего-верхнего оксфорда имеют линзовидную геометрию песчаных тел, которые выклиниваются в южном направлении.*

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Область диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 25.00.16 - «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», а именно: пункту 2 - «Разработка методов геометризации месторождений полезных ископаемых, свойств и состояний массивов горных пород как основы геометрики квалиметрии недр, оптимизации разведочных сетей, подсчета запасов, прогнозирования условий рационального освоения недр...» и пункту 8 - «Анализ и типизация горно-геологических условий месторождений твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, для их эффективного промышленного освоения».

**Личный вклад автора.** Автором самостоятельно определены цель и задачи исследований, а также изучен обширный фактический материал. Основные результаты, включая рисунки и фотографии, используемые в диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии.

По исследуемым объектам автором собраны и обобщены результаты работ предыдущих исследователей (данные региональной геологии, геологические разрезы, данные геофизических исследований скважин (ГИС)). Лично автором собран

и изучен обширный фактический материал, включающий детальное послойное макроописание керн с проведением текстурного анализа и построением литологических колонок (около 1560 п.м.), анализ комплекса каротажных диаграмм (ПС, ГК, НГК в 36 скважинах) и лабораторные исследования керн. Проведено петрографическое описание 407 прокрашенных шлифов, характеризующие минерало-петрографический состав и гранулометрические параметры пород-коллекторов Казанской, Болтной и Западно-Сомовской площадей с определением петротипа, подсчетом гранулометрических характеристик, определением состава цемента и характера цементации, характеристикой особенностей порового пространства и оценкой пористости, характеристикой постседиментационных изменений, а также фотографированием шлифов.

В ходе исследования автором *проинтерпретированы* выполненные определения гранулометрического состава пород (168 образцов), рентгеновского энергодисперсионного микроанализа, геохимического анализа (58 образцов), микропалеонтологического и палинофациального анализа (178 образцов), а также рентгенофазового анализа в количестве 255 образцов. Вышеперечисленные анализы выполнены в Лаборатории седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть», «Аналитическом центре геохимии природных систем» и в «Лаборатории микропалеонтологии» Национального исследовательского Томского государственного университета.

Автором лично выделено 13 литолого-генетических типов отложений, состоящих из 6 макрофациальных комплексов, и предложен авторский вариант седиментологической модели Казанской группы месторождений.

В работах, написанных в соавторстве с коллегами, соискателю принадлежит постановка целей, задач и непосредственное участие во всех видах исследований.

**Достоверность результатов работы.** Достоверность предложенных автором выводов и рекомендаций обусловлена большим объемом фактического материала, изученного с применением различных методик, всесторонним анализом выполненных ранее научно-исследовательских работ по предмету исследования, применением в исследованиях апробированного научного материала. Доказатель-

ством достоверности служат экспериментальные методы проверки, которые выполнены путем сравнения полученных результатов литолого-фациального анализа с результатами ICP-MS анализа, петрографического анализа шлифов, гранулометрического анализа, рентгенофазового анализа и данных микропалеонтологии, которые не противоречат друг другу.

**Публикации и апробация работы.** Исследование по данной теме было начато автором в 2009 году. По теме диссертации опубликовано 14 статей в научных журналах и сборниках конференций и совещаний, 3 из них в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией.

Результаты исследований докладывались на Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные вопросы географии и геологии» (Томск, 2010) и 66-ой научной студенческой конференции (Томск, 2012), Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии – нефтегазовому региону» (Тюмень, 2013), VII Всероссийском литологическом совещаний (Новосибирск, 2013 г.), Шестой региональной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть» (Томск, 2013), Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимуковские чтения-2013» (Новосибирск, 2013), XVII Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых (Томск, 2013), Пятом Всероссийском совещании «Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии» (Тюмень, 2013), Седьмой региональной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть» (Томск, 2014), Всероссийской школе студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии «Виртуальные и реальные литологические модели» (Екатеринбург, 2014), Восьмой региональной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть» (Томск, 2015), Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых «Трофимуковские чтения-2015» (Новосибирск, 2015), Седьмом Всероссийском совещании «Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии» (Москва, 2017).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация содержит введение, 5 глав, заключение и список литературы. Полный объем диссертационной работы содержит 166 страниц, в том числе 98 рисунков и 8 таблиц. Список литературы включает 181 наименование.

Работа выполнена в Национальном исследовательском Томском политехническом университете под научным руководством кандидата геолого-минералогических наук, заведующей кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений НИ ТПУ Черновой Оксаны Сергеевны, которой автор выражает искреннюю благодарность. Автор особо признателен за помощь и ценные советы своему наставнику Кравченко Григорию Геннадьевичу. Автор глубоко признателен за ценные консультации и помощь: Е.А. Жуковской, С.В. Парначеву, В.П. Меркулову, В.Б. Белозерову, М.В. Шалдыбину, Л.Г. Вакуленко, С.Б. Шишлову, П.А. Яну, В.А. Чеканцеву, Е.Н. Жилиной, И.В. Волождиной, Е.Ю. Барабошкину, В.А. Стаценко, а также всему коллективу Лаборатории седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть».

## ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе написания диссертационной работы автором выполнен комплекс исследований, направленный на детальное изучение пород-коллекторов, включающий в себя детальное послойное макроописание керна, петрографический анализ шлифов, гранулометрический и седиментологический анализ. Также привлекались и интерпретировались данные, полученные в результате рентгеновского энергодисперсионного микроанализа, геофизических исследований скважин (ГИС), а также петрофизического и геохимического анализа. Изучение керна материала проводилось автором в рамках договоров с ОАО «Томскгазпром» на базе регионального кернохранилища ОАО «ТомскНИПИнефть». Фактический объем изученного керна материала, а также всех видов аналитических исследований приведен в Таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Объем фактически выполненных работ

№ п/п	Вид исследования	Объем исследований
1	Детальное послойное макроописание керна, п.м.	1563
2	Исследование керна в УФ-свете, п.м.	659
3	Текстурный анализ, п.м.	1563
4	Седиментологический анализ керна, п.м.	1563
5	Петрографический анализ шлифов, шт.	407

Таблица 1.2 - Объем аналитических исследований

№ п/п	Вид исследования	Количество образцов
1	Гранулометрический анализ	168
2	Рентгено-фазовый анализ (РФА)	255
3	Геохимический анализ методом масс-спектрометрии с индуктивносвязанной плазмой (ICP-MS)	58

## Продолжение Таблицы 1.2

4	Спорово-пыльцевой анализ	178
5	Микрофаунистический анализ	178
6	Изучение фильтрационно-емкостных свойств	3135
7	Геофизические исследования скважин	36
8	Ориентирование керна палеомагнитным методом, (погонных метров)	29,70

Всего автором изучено 1563 м керна из 29 скважин Казанской, Болтной и Западно-Сомовской площадей.

*Детальное литологическое описание керна* проводилось после процедуры продольной распиловки керна сверху вниз по разрезу от начала керна. В описании отражен размер выделяемых слоев пород, также для каждого слоя указано название породы, цвет, структурно-текстурные особенности, крепость, характер и состав цементации, наличие прослоев и линз, характер контактов слоя, наличие включений и конкреций, карбонатность, присутствие видимых пустот и их характеристика, наличие остатков палеофлоры и палеофауны, углистые, органические или битуминозные проявления. Для переслаивания пород дополнительно указывалось количественное соотношение типов пород, мощность, форма и типы границ слоев. Суммарная мощность всех слоев в пределах одного долбления равна фактическому выносу керна. На основании визуальной характеристики керна были построены литологические колонки, на которых отображались особенности изученных пород.

*Битуминологические исследования керна в ультрафиолетовом освещении* позволили выделить нефтенасыщенные прослои по разрезу, определить характер и типы насыщения, выявить связи между минералогическим составом вмещающих пород и цветовой гаммой свечения пород под воздействием ультрафиолета (УФ). Характер люминесценции изучался по цифровым фотографиям керна в ультрафиолетовых лучах, предоставленным Лабораторией сбора и обработки керна ОАО «ТомскНИПИнефть».

**Текстурный анализ** проводился по распиленному керну и включал в себя описание макротекстур и определение типов слоистости с последующей интерпретацией по методикам, широко представленным как в отечественной, так и в зарубежной литературе (Алексеев, 2002; Ботвинкина, 1962; Чернова, 2007, 2009; Атлас..., 1962; Leeder, 1982; Reineck, Singh, 1973; Selley, 2000). Согласно Л.Н. Ботвинкиной (1957, 1962) изучались первичные седиментационные текстуры литифицированных горных пород, с акцентом на описание их слоистости и пространственной ориентировки. Для уточнения процессов литификации исследовались вторичные текстуры, связанные с разными этапами формирования пород-коллекторов. Особое значение придавалось закономерностям распределения выявленных текстур в керновых последовательностях, обладающих четко выраженным периодически изменяющимся ритмическим строением.

**Литолого-фациальный анализ** керна проводился по методике, принятой в Лаборатории седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть», которая основана на рекомендациях ведущих исследователей в области фациального анализа нефтегазовых толщ (Алексеев, 2002, 2007; Барабошкин, 2005; Белозеров, 2010; Ботвинкина, 1957, 1962, 1965; Вылцан, 2002; Казанский, 1976, 1983; Карогодин, 1980; Лидер, 1986; Рединг и др., 1990; Чернова, 2002, 2005, 2008, 2009, 2011; Einsele, 2000; Gardiner, 2003; Harms, 1982; Knaust, 2012; Reading, 1978; Reineck, 1973; Selley, 2000).

В понимании автора, *фация* — это обстановка осадконакопления, овегцественная в осадке или породе, или, иными словами, не только комплекс физико-географических условий среды осадконакопления, в результате которых сформировались осадки, но и сами осадки, обладающие определенным сочетанием первичных признаков (Жемчужников, 1948).

На начальном этапе литолого-фациального анализа устанавливались литогенетические типы отложений, обладающие комплексом генетических признаков, обусловленных способом отложения осадка. Литогенетические типы были объединены автором в литофации, которые определяются обстановкой осадкообразования.

Фациальный анализ проводился в два этапа: сначала формировалась общая схема, которая включала в себя предварительный этап, затем собственно фациальный анализ. На предварительном этапе были сформулированы все предпосылки осадкообразования, подробно изучены стратиграфия и тектоника района, а также детально рассмотрена история геологического развития территории. На следующем этапе проводился собственно литолого-фациальный анализ, который включал в себя детальное изучение пород и выделение основных литогенетических типов. Фациальная принадлежность отложений определялась с учетом характера слоистости осадков, цвета и общего облика пород, наличия в них флоры и фауны, а также следов биотурбации. Также учитывался размер обломочных зерен, поскольку он говорит о гидродинамических условиях, преобладавших в момент отложения осадка.

В процессе выполнения фациального анализа отложений привлекались результаты спорово-пыльцевого и микрофаунистического анализов, предоставленные Лабораторией микропалеонтологии Томского государственного университета, которые позволили определить стратиграфическую принадлежность изучаемых отложений.

***Петрографический анализ в шлифах*** из песчано-алевритовых пород проводился на поляризационном микроскопе Olympus BX51. ***Гранулометрический анализ*** проводится путем замера длин случайных срезов зерен, пересеченных микромерной линейкой окуляра. Для получения достоверных данных в составе песчано-алевритовых пород измерялся набор не менее чем из 200 зёрен. Далее, при помощи программы, разработанной Г.Г. Кравченко, аналитически рассчитывались характеристики гранулометрического распределения (средний и медианный диаметр, коэффициент сортированности, и др.). Одновременно с замером размеров терригенных зерен по оптическим характеристикам велось определение их состава. Суммарные длины отрезков микрометрической линейки, приходящиеся на одинаковые компоненты, отнесенные к общей длине всех линий пересечения, равны долям объёма породы, который занимают каждый из компонентов породы. Таким способом производилось определение содержания кварца, полевых

шпатов и обломков пород, включая слюды. Название породы по составу установлено по классификации В.Д. Шутова (Шутов, 1967).

Содержание цементирующего материала, а также пористости определялось отдельно для каждой минералогической разности интегральным способом с помощью окуляра с сеткой с размерами 20×20. При подсчете анализировалось не менее 10 полей зрения. Тип цементации и характер распространения цемента определялись качественно. Для пор давалась характеристика их среднего размера, формы, закономерностей распределения с указанием степени изолированности.

При петрографическом описании шлифов также указывалась микротекстура породы, степень окатанности терригенных зерен, наличие акцессорных и аутигенных минералов, включения органического вещества, постседиментационные преобразования.

Для уточнения условий формирования продуктивных отложений использовались данные по ихнофоссилиям (Атлас..., 1990; Ekdale, 1984; Pemberton, 1992, 2006).

*Анализ фильтрационно-емкостных свойств* пород-коллекторов проводился по результатам испытаний, предоставленным Лабораторией физики пласта ОАО «ТомскНИПИнефть». Подготовка образцов к исследованиям проведена в соответствии с ГОСТ 26450.0-85 «Породы горные. Общие требования к отбору и подготовке проб для определения коллекторских свойств», согласно которому образцы подвергнуты экстрагированию спиртобензольной смесью, отмыты в дистиллированной воде и высушены до постоянного веса. Исследования коэффициентов проницаемости и пористости по гелию проводились на установке AP-608 Core test systems по СТО 4235454-001-2011 ГСИ. Породы горные.

*Геохимический анализ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.* Метод проводился в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета по ГОСТ Р 8.563-96. Метод основан на использовании масс-спектрометра и индуктивно связанной плазмы в качестве источника ионов. Масс-спектрометр пропускает ионы с определенным отно-

шением массы к заряду, попадающие затем в детектор для количественной регистрации. Метод ICP-MS обладает высокой чувствительностью и определяет элементы с очень низким содержанием (элементы с атомной массой от 7 до 250, то есть от Li до U). Преимуществом метода является возможность определения индивидуальных изотопов каждого элемента. Это позволяет выполнять исследования изотопных отношений и изотопных разведений. Программное обеспечение предоставляет пользователю обработанные данные в формате полуколичественном, количественном, изотопного соотношения или изотопного разведения.

Необходимо отметить, что в процессе работы над диссертацией привлекались результаты исследований, выполненные в Лаборатории седиментологии: рентгенофазовый анализ (Е.С. Деева, Ю.М. Лопушняк), гранулометрический анализ (Н.В. Ефремова) и Лаборатории физики пласта ОАО «ТомскНИПИнефть» (Е.Г. Ачкасова, Ю.Г. Кулеш, А.В. Пестерев), Палеомагнитной лаборатории кафедры геофизики Национального исследовательского Томского политехнического университета (В.П. Меркулов), а также в Аналитическом центре геохимии природных систем (Тишин П.А.) и в Лаборатории микропалеонтологии Национального исследовательского Томского государственного университета (С.Н. Бабенко, Л.А. Кряжева, К.П. Лялюк, С.Н. Макаренко, А.В. Набока, Е.В. Полковникова, А.С. Семенова, Г.М. Татьянанин, Т.В. Трофимова, А.В. Файнгерц).

## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Казанское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на территории Парабельского района Томской области.

Площадь Казанского лицензионного участка (ЛУ) № 104 составляет около 484 км<sup>2</sup>. На востоке и на юге Казанский ЛУ граничит с Сомовским ЛУ, на севере – с Северо-Пудинским ЛУ, на западе с Южно-Пудинским ЛУ. Основные запасы углеводородов (УВ) Казанского месторождения локализованы в пределах Казанского ЛУ. Нефтяные залежи пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> частично выходят за пределы Казанского лицензионного участка на территорию Сомовского ЛУ, где недропользователем также является ОАО «Томскгазпром». Сомовский лицензионный участок (№ 90) площадью 2358,84 км<sup>2</sup> находится на левобережье реки Оби в Парабельском и Бакcharском административных районах Томской области и включает в себя Западно-Сомовскую и Болтнскую площади.

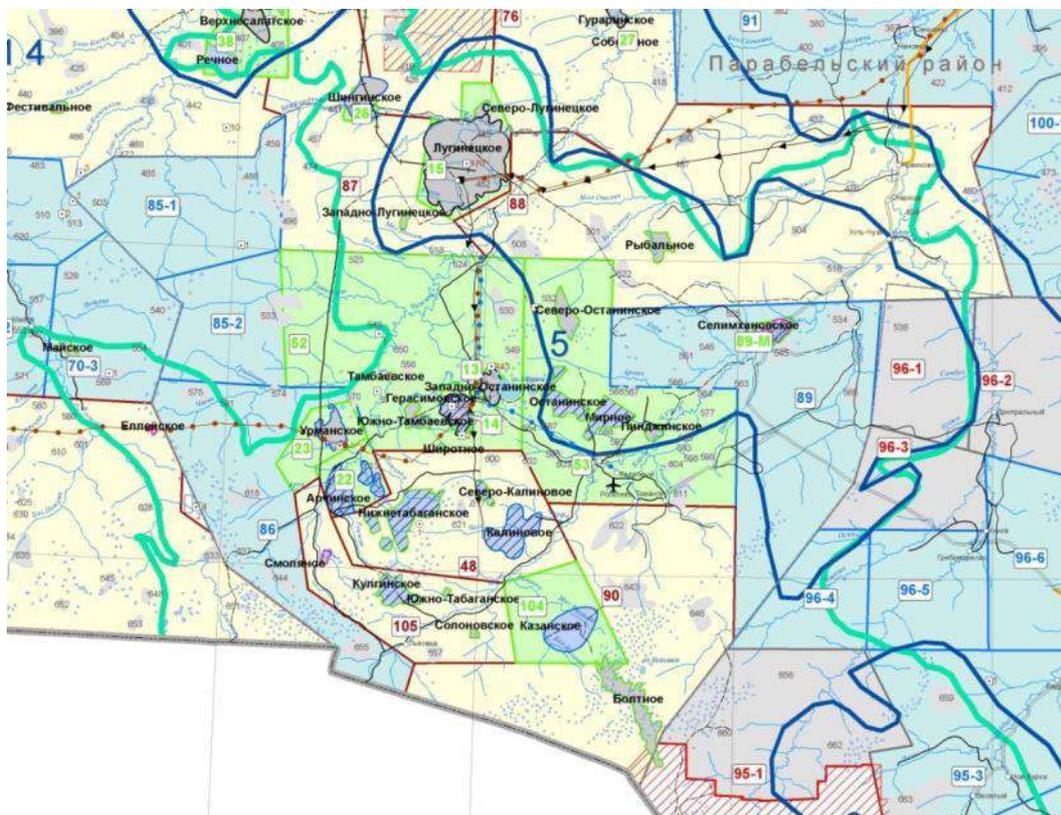


Рисунок 2.1 - Обзорная карта района работ

## 2.1 Геолого-геофизическая изученность

Планомерные геолого-геофизические исследования, направленные на изучение геологического строения Западно-Сибирской плиты начаты в 1947 года. На первом этапе изучения проводились мелкомасштабные (геологическая, аэромагнитная, гравиметрическая) съемки, маршрутная и площадная сейсморазведки методом отраженных волн (МОВ).

После проведения в 1947-1957 годах общего для Томской области и, в целом, для всей Западной Сибири комплекса региональных работ, были установлены некоторые закономерности геологического строения, выявлены крупные тектонические элементы и приподнятые зоны, ставшие объектами сейсморазведочных исследований. Полученные сведения были использованы при структурно – тектоническом районировании осадочного чехла и палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты.

Геолого-геофизические работы в районе реки Казанка начались с 1947 года и до начала 60-х годов проводились, в основном, для выбора направлений и объектов нефтепоисковых исследований на юге Западной Сибири.

В 1953 году было начато исследование района сейсмическими методами. Сначала это были маршрутные исследования методом отраженных волн (МОВ) по рекам Чижалка, Чузик, Кенга, Нюролька, Салат, в результате которых выявлены и изучены Таволгинское и Казанское куполовидные поднятия в восточной части Нюрольской впадины.

Одновременно с этим проводились и площадные работы МОВ с целью поиска и детализации локальных поднятий. Работами сейсморазведочной партии 24/64-65 на маршруте профиля XXIII в верховье реки Малая Казанка был найден перегиб, соответствующий Казанскому локальному поднятию.

В 1965-1966 г.г. Казанская структура детализирована и подготовлена к глубокому бурению сейсморазведочными работами МОВ. Результаты этих исследований явились основой для составления геологического проекта поискового бурения и ввода в 1966 году Казанской площади в бурение.

В 1967 году первоочередной скважиной № 1, пробуренной в сводовой части Казанского поднятия, выявлены четыре промышленные газоконденсатные залежи в пластах Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> горизонта Ю<sub>1</sub> верхнеюрских отложений и в пластах Ю<sub>3</sub>, Ю<sub>4</sub> тюменской свиты средней юры.

В 1969 году работы по реализации проекта были завершены. Выявленные и разведанные запасы газа, конденсата и нефти утверждены ГКЗ СССР (протокол № 5828 от 29.10.1969 года).

Скважинные сейсмические исследования (сейсмокаротаж и вертикальное сейсмическое профилирование) в пределах лицензионного участка № 90 проведены сейсмокаротажной партией № 19 Томского геофизического треста в 1969 году на Сомовской площади в скважине 145-Р и в 1992 году в скважине Р-9 на Западно-Сомовской площади. В пределах лицензионного участка пробурено 16 скважин. Бурением изучены Сомовская, Западно-Сомовская, Новосомовская, Западно-Олимпийская, Рогалевская, Таволгинская, Болтная, Пономаревская структуры.

В 1997 году на участке № 90 открыто Болтное нефтяное месторождение. Нефтедержащими на месторождении являются два песчаных пласта горизонта Ю-I наунакской свиты - Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, разделенных глинистым прослоем толщиной 4 метра.

В 1995-1998 г.г. сейсморазведочной партией 1,3/95-98 ТГТ на Казанском месторождении проведены площадные детальные работы методом общей глубинной точки (МОГТ) масштаба 1:50000 (Геологическое..., 1998). В результате этих исследований, сейсморазведки МОГТ и корреляционного метода преломленных волн (КМПВ) прошлых лет, а также данных глубокого бурения был уточнен структурный план месторождения по опорным отражающим горизонтам Ф<sub>2</sub>, II<sup>a</sup>, и проведена геометризация залежей углеводородов в пластах Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>, Ю<sub>3</sub>, Ю<sub>4</sub> верхней и средней юры. Новые построения позволили расширить площадь газоносности в северном и восточном направлениях и обеспечить прирост запасов.

В 2003 году ООО «ВНИИГАЗ» выполнен «Проект опытно-промышленной эксплуатации Казанского газоконденсатнонефтяного месторождения». В результате анализа геолого-геофизической информации, проведённого в процессе со-

ставления проекта установлено, что пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, контролируют самостоятельные залежи, разделяемые прослоем непроницаемых аргиллитов.

В 2006 году получены результаты сейсморазведочной партии №10/04-05 по методу МОГТ-3D в объеме 90км<sup>2</sup> и МОГТ 2D в объеме 379 пог. км. С использованием этих материалов, а также результатов переобработки сейсмических профилей предыдущих исследований в объеме 1363 пог. км специалистами ОАО «Сибнефтегеофизика» подготовлен отчет об уточнении геологического строения Казанского месторождения.

При рассмотрении материалов было отмечено, что месторождение нуждается в доразведке и в целом относится к категории подготовленных к промышленной разработке. В ряде случаев границы проведены довольно условно, особенно, в областях отсутствия сейсморазведки 3Д. Из-за отсутствия прямых данных границы межфлюидных контактов определены с определенной долей условности по гипсометрически наиболее низкому положению продуктивных интервалов. Образцами кернa представлены не все разновидности пород-коллекторов.

Для решения задач по уточнению строения залежей на месторождении в 2008 году выполнено бурение дополнительных разведочных скважин №№ 14-Р, 15-Р, 30-Р, 31-Р, 32-Р, 33-Р, в программу проводки которых были поставлены задачи по уточнению границ залежей, межфлюидных контактов, опробованию объектов, проведению дополнительных работ, связанных с новыми исследованиями.

В течение последующего периода времени на территории месторождения были пробурены разведочные скважины №№ 16-Р, 17-Р и 18-Р, а также начато эксплуатационное разбуривание площади.

В 2009 году выполнен оперативный пересчет запасов нефти, газа и конденсата по пластам Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, по результатам которого уточненные запасы были поставлены на госбаланс (Оперативный..., 2009).

## 2.2 Стратиграфия

Современные представления о стратиграфии Западной Сибири на территории Томской области формировались в течение нескольких десятилетий. Обзор ранних работ был выполнен Н.Н. Ростовцевым в 1958 году.

В стратиграфическом отношении разрез Казанской, Болтной и Западно-Сомовской площадей представлен песчано-глинистыми отложениями мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, которые подстилаются метаморфизованными породами палеозойского складчатого фундамента. Отложения платформенного чехла в пределах рассматриваемых площадей до верхнеюрских пород включительно вскрыты всеми скважинами. Породы доюрского фундамента на площади работ вскрыты рядом разведочных скважин (Геологическое строение..., 1969, 1990, 2000).

### *Доюрские образования (PZ)*

Доюрское основание имеет сложное блоковое строение и представлено дислоцированной толщей различного вещественного состава. В пределах исследуемой территории образования кембрийского возраста (также как и более древние породы) к настоящему времени не вскрыты. Согласно «Карте геологического строения поверхности доюрских образований» (под редакцией В.С. Суркова, 2007) (Рисунок 2.2) район работ имеет сложное тектоническое строение и стратиграфические границы. Триасовые отложения получили своё распространение на Западно-Сомовской, Пономаревской (скважина 2) и Болтной (скважина 4) площади. Сомовская, Новосомовская, Болтная (скважины 1, 2, 3), Олимпийская площади попадают в блок среднепалеозойских терригенно-карбонатных пород с прослоями средних и основных эффузивов.

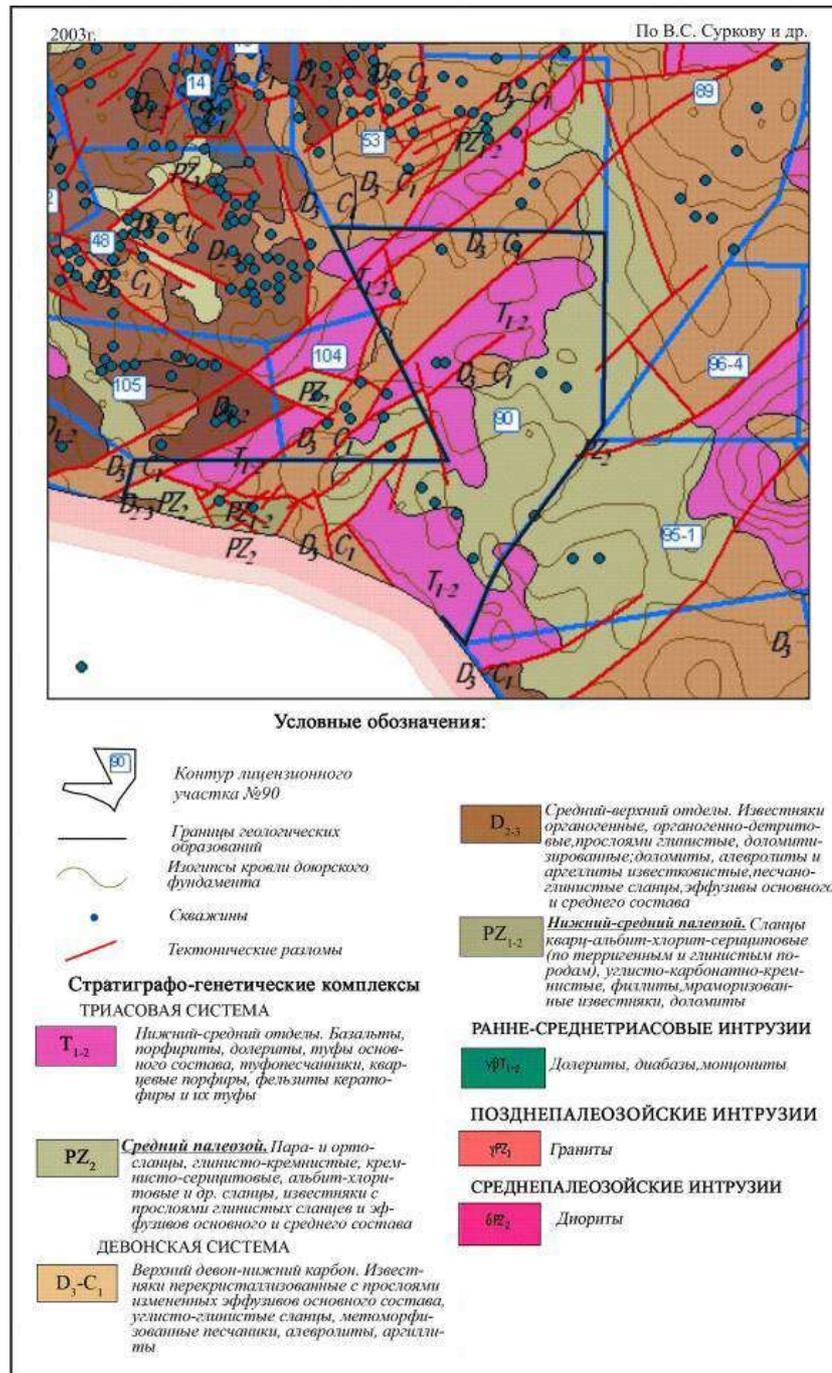


Рисунок 2.2 - Выкопировка из геологической карты строения поверхности доюрских образований (Сурков, 2007)

Согласно схеме структурно-фациального районирования поверхности палеозоя территория исследования находится в Нюрольском структурно-фациальном районе (СФР), который от кембрия до силура находился в зоне открытого моря. В девоне территория СФР смещается в зону шельфа с органогенно-карбонатным типом седиментации. Полная стратиграфическая последовательность доюрского осадконакопления Нюрольского СФР

представлена на схеме, принятой решением Межведомственного регионального стратиграфического совещания (МРСС) 2004 года (Решения..., 2004).

Стратиграфическая схема по Нюрольской мегавпадине включает в себя отложения ордовик – каменноугольного возраста.

В ордовикском периоде граница Нюрольского и Варьёганского СФР наблюдается как линия раздела территорий с терригенно-карбонатным типом осадконакопления - на востоке и терригенно-вулканогенным типом осадконакопления - на западе. В этот период формируются карбонатные осадки павловской толщи.

Силурийские отложения на территории Нюрольской впадины сложены преимущественно вулканогенно-осадочными и осадочными образованиями майзасской и большеичской свит, практически лишенными остатков ископаемых организмов. Их возрастным аналогом на карбонатном шельфе являются биогермные известняки майзасской свиты. Девонские отложения представлены мелководно-карбонатными и карбонатными породами, сформировавшимися в зоне внешнего шельфа Сибирского континента вдоль Северного Алтая и по Салаиру. Установлено два типа разреза:

- рифогенный (кыштовская, армичевская, солоновская, надеждинская, герасимовская, лугинецкая свиты);
- депрессионный или бассейновый (лесная, мирная, чузикская, чагинская свиты).

Разрез каменноугольных отложений табаганской и ее аналога кехорегской свит завершает карбонатный тип осадконакопления. Выше по разрезу породы средневасюганской и елизаровской свит.

Породы палеозойского основания вскрыты на территории Казанского месторождения восемью скважинами (1-Р, 2-Р, 3-Р, 8-Р, 9-Р, 15-Р, 16-Р, 18-Р). Кровля отложений палеозойского возраста выделена в интервале глубин -2542 м (скв. 1-Р) – -2780 м (скв. 16-Р).

В скважине 1-Р доюрские отложения представлены грейзенизированными-зелено-серыми порфиroidными породами, трещиноватыми, с кальцитовым

заполнением, выше отмечается кора выветривания хлорит-сидеритового типа мощностью примерно 3-5 метров. В скважине 2-Р доюрский комплекс сложен выветрелыми метаморфизованными аргиллитами, алевролитами, туфопесчаниками. Верхняя часть фундамента, разрушенная и сильно измененная, выделена в кору выветривания. Кора выветривания представлена интенсивно выветрелыми, метаморфизованными обломочными породами мощностью порядка 15 метров. В скважине 3-Р доюрские образования, по описанию керна, представлены плотной темно-серой породой, трещиноватой с кальцитовым заполнением. В скважине 8-Р отложения представлены толщей, сложенной глинистыми сланцами, кремненными, сильно трещиноватыми, хлоритизированными, неравномерно углистыми и с пятнами возможной битуминизации, с прослоями темно-серых известняков толщиной до 0,5 м. В целом порода трещиноватая с кальцитовым заполнением, возраст вскрытых толщ по кораллам, мшанкам, брахиоподам, тентакулидам определяются как нижнедевонский. В скважине 9-Р доюрские породы представлены псефитовыми туфами, умеренно-щелочного, среднего, андезитового состава, мелко и не повсеместно пористыми, туфоалевритами с рассеянным углеродистым веществом, аргиллитами кремнисто-хлорит-каолинитизированными, туфами псефито-псаммитовыми высокопористыми. Все породы разбиты сериями карбонатных прожилков сидеритового состава. Верхняя часть доюрских образований представлена метасоматитами кремнисто-гидрослюдистыми. В скважине 18-Р породы палеозоя представлены переслаиванием доломита известковистого, крепкого с глинистыми сланцами. Отмечаются зеркала скольжения и содержание органических остатков на контактах пород. Ниже залегает известняк серый, скрытокристаллический, плотный, крепкий, трещиноватый.

Вскрытая скважинами Казанского месторождения мощность палеозойских образований составляет первые десятки метров.

В соответствии с «Решениями межведомственного совещания по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских

образований Западно-Сибирской равнины» территория месторождения относится к Нюрольскому структурно-фациальному району фациальной мегазоны II, имеющей субмеридиональное развитие в пределах Западной Сибири. В целом для мегазоны характерны мелководные карбонатно-терригенные отложения палеозоя, отличительной чертой которых является рифогенность известняков. Область палеозойских образований в районе Казанского месторождения относится к обстановкам зарифового бассейна.

Отложения доюрского фундамента и залегающие на них мезозойские отложения осадочного чехла разделены значительным перерывом. В течение длительного периода эрозии формировались коры выветривания, отмеченные по керну в скважинах 1-Р, 2-Р и 9-Р.

#### *Мезозойско-кайнозойский осадочный чехол*

Расчленение разреза осадочного чехла основано на регионально-стратиграфических схемах мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины, утвержденных решениями 6-го Межведомственного стратиграфического совещания (Решения..., 2004).

#### *Мезозойская группа (MZ)*

#### *Юрская система (J)*

На отложениях палеозойского складчатого фундамента с угловым и стратиграфическим несогласием залегают отложения юрской системы. Система представлена тремя отделами: нижним, средним и верхним. Нижний и средний отделы составляют терригенные породы урманской, тогурской, салатской свит, что характерно для Нюрольского структурно-фациального района, а также континентальные отложения тюменской свиты. Отложения верхнего отдела представлены континентальными, переходными, прибрежно-морскими и более

глубоководными породами васюганской, георгиевской и баженовской свит. На полную мощность отложения юрской системы вскрыты восемью скважинами Казанского месторождения (1-Р, 2-Р, 3-Р, 8-Р, 9-Р, 15-Р, 16-Р, 18-Р).

### *Нижний и средний отделы ( $J_1$ - $J_2$ )*

Граница между породами нижнего и среднего отделов в скважинах Казанского месторождения достоверно не установлена. Предполагается наличие отложений нижней юры в скважинах, вскрывших наибольшую толщину юрского интервала (скв. 16-Р и 18-Р).

Отложения *урманской* свиты Нюрольского района (верхний геттангский–плинсбахский ярусы) с региональным перерывом залегают на доюрских образованиях. Урманская свита подразделяется на нижнюю, среднюю и верхнюю подсвиты. Нижняя подсвита, соответствующая группе пластов Ю<sub>17</sub>, сложена разнозернистыми полимиктовыми песчаниками, алевролитами с пропластками аргиллитов. Средняя подсвита соответствует средней глинистой пачке и представлена темно-серыми аргиллитами с пропластками алевролитов, песчаников, углей. Верхняя подсвита соответствует группе пластов Ю<sub>16</sub> и представлена песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов.

Песчаники серые, темно-серые, мелко-средне- реже крупнозернистые, с включениями гальки, зерен гравийной размерности, с растительным детритом. Алевролиты серые, светло-серые, крепкие, массивные, участками известковистые или песчаные. Аргиллиты серые или зеленовато-серые, участками опесчаненные и алевролитистые, комковатые, трещиноватые. Слоистость горизонтальная, волнистая, косая за счет растительного детрита, галек пород, прослоев аргиллита.

Породы урманской свиты встречаются в наиболее погруженных зонах района, выклиниваясь к сводовым частям поднятий по кровле фундамента.

***Тогурская свита*** в Нюрольском районе соответствует китербютскому горизонту (нижняя половина нижнего тоара). Отложения свиты представлены темно-серыми, серыми, зеленоватыми аргиллитами и алевролитами с прослоями песча-

нистых алевролитов. Мощность свиты достигает 40 метров. С тогурской свитой обычно связывается отражающий горизонт Т4.

**Салатская свита** объединяет надояхский и лайдинский горизонты, которые соответствуют нижней и верхней (радомской) подсвита (нижний-верхний тоар, аален). Нижняя подсвита соответствует песчаному горизонту Ю<sub>15</sub> и представлена переслаиванием углистых алевролитов и темно-серых, серых, грубозернистых песчаников. Песчаник часто с прослоями гравелитов, конгломератов и сидерита. Верхняя подсвита (радомская), соответствующая лайдинскому горизонту, сложена уплотненными темно-серыми иногда битуминозными, углистыми глинами с прослоями песчаников и алевролитов. Подсвита имеет сложное строение в связи с расщеплением или выклиниванием углей, появлением линзовидных прослоев аргиллитов, алевролитов и песчаников. Она может рассматриваться как единая пачка, индексируемая как У<sub>14</sub>. Мощность свиты в парастратотипе скважины Пономаревская-2 (ЛУ № 90) составляет 132 метра. Салатская свита согласно залегает на глинах тогурской свиты и перекрывается песчаниками нижнетюменской подсвиты (группа пластов Ю<sub>14</sub>).

**Тюменская свита** в Нюрольском районе подразделяется на три подсвиты – нижнюю, среднюю и верхнюю, которые соответствуют вымскому, леонтьевскому и мальшевскому горизонтам (верхняя часть верхнего аалена-бат).

**Нижняя подсвита** тюменской свиты, представляющая вымский горизонт, сложена преимущественно песчаниками. С ней связывают начало нового этапа формирования мезозойского седиментационного бассейна Западной Сибири и крупного цикла осадконакопления. Для Нюрольского фациального района подсвита представлена существенно угленосной толщей преимущественно песчаников с угольными пластами У13-10, подстилается она глинисто-углистой пачкой У14 (в кровле салатской свиты), положение которой в разрезе не всегда стабильно. Верхняя часть подсвиты представлена углисто-глинистой пачкой У10. В целом для этой пачки характерно преобладание угольных пород, мощность которых иногда достигает 10-15 метров. Количество угольных пластов пачки может варьировать.

*Средняя подсвита* тюменской свиты соответствует леонтьевскому горизонту (верхняя часть нижнего - низы верхнего байоса). Описываемая толща сложена сложно и неравномерно чередующимися пластами песчаников, алевролитов, аргиллитов, углей. Здесь характерны более тонкозернистые разности пород, чем в ниже и вышележащих толщах. По всему разрезу обычно присутствуют значительные по мощности и выдержанные по простиранию угольные пласты У6, У8, У9. Песчаные пласты среднетюменской подсвиты имеют значительную мощность, но не прослеживаются по площади.

*Верхнетюменская подсвита* (верхи верхнего байоса – низы верхнего бата), представляющая малышевский горизонт, сложена переслаивающимися сероцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, часто углистыми. Здесь характерны маломощные многочисленные пласты углей. Верхняя граница подсвиты в значительной степени эрозионная. В состав пород верхнетюменской подсвиты входят углистые пачки У5-2 и песчаные пласты Ю<sub>6-2</sub>. Широко распространены песчаные пласты Ю<sub>6</sub> и Ю<sub>4</sub>. Песчаные пласты Ю<sub>5</sub>, и Ю<sub>2</sub> имеют линзовидный характер и часто выклиниваются. Пласт Ю<sub>3</sub> выделяется на Казанской площади и прилегающих к ней площадях. Угольные пласты приурочены большей частью к погруженным участкам территории, наиболее выдержанными по простиранию являются угли У2 и У4 с небольшой мощностью. Песчаники на описываемой территории имеют косую, волнистую и горизонтальную слоистость.

Отложения тюменской свиты вскрыты большинством скважинам, средняя толщина свиты меняется от 150 до 500м. Разрез сложен неравномерным чередованием аргиллитов, песчаников и алевролитов.

В пределах месторождения в интервале тюменской свиты выявлены два продуктивных пласта, индексируемые как Ю<sub>3</sub> и Ю<sub>4</sub>. Песчаные пласты представлены отложениями аллювиальных потоков и имеют сложное площадное распространение, характеризующееся высокой макронеоднородностью.

*Верхний отдел (J<sub>2k</sub>-J<sub>3o</sub>)*

Верхний отдел юрских отложений на Казанской площади представлен васюганской, георгиевской и баженовской свитами. При этом интервал васюганской свиты охватывает диапазон отложений от келловейских средней юры до поздне-оксфордских верхней юры. Классический разрез келловей-оксфордских отложений в центральной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, в частности в западных районах Томской области, представлен отложениями, формирование которых происходило преимущественно в прибрежно- и мелководно-морских условиях. В восточном направлении морские отложения васюганской свиты замещаются преимущественно континентальными осадками наунакской свиты. Меридиональная граница, разделяющая зоны распространения этих свит, проходит по пос. Пудино, расположенному к северу от Казанского участка примерно на одной долготе. Учитывая, что смена условий формирования келловей-оксфордских отложений происходила постепенно, можно предполагать, что рассматриваемый район находится в «переходной» зоне, где существовали полифациальные обстановки, среди которых отмечались прибрежно-морские, мелководно-морские, прибрежно-континентальные и континентальные.

***Васюганская свита*** трансгрессивно залегает на породах тюменской свиты и по литологическому составу подразделяется на две подсвиты: нижнюю (глинистую) и верхнюю (песчано-глинистую).

*Нижняя подсвита* представлена аргиллитами с немногочисленными маломощными прослоями песчаников и алевролитов (скв.5 пласт Ю<sub>1</sub><sup>5-6</sup>). Толщина подсвиты составляет 21 – 35 м.

*Верхняя подсвита* представлена толщей переслаивающихся песчаников, аргиллитов и алевролитов с прослоями углей и углистых аргиллитов. Полный разрез верхневасюганской подсвиты обычно содержит 4-5 песчаных пластов, совокупность которых формирует на юго-востоке Западной Сибири регионально-нефтегазоносный горизонт Ю<sub>1</sub>. На территории Казанской, Болтной и Западно-

Сомовской площадей выделяется три пласта, относящиеся к горизонту Ю-I: Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>.

До 2006 г. пласты васюганской свиты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> считались единым объектом и индексировались, как пласт Ю-I. Пласт Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> относили к тюменской свите и индексировали, как Ю-II. Согласно решению 6-го межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири от 2003 г. отложения келловея, к которым относился горизонт Ю-II, генетически связаны с верхнеюрскими и фиксируют начало существенно отличного этапа преимущественно морского седиментогенеза на территории Западной Сибири. Поэтому данный интервал разреза рассматривается в объеме васюганского горизонта, включающего в себя группу пластов Ю-I.

Наличие регрессивного и трансгрессивного циклов осадконакопления в эпоху формирования верхневасюганской подсвиты, позволяет выделить в ее составе две пачки – подугольную и надугольную.

Разрез подугольной пачки представлен регрессивным песчаным пластом Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>. Продуктивный пласт Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> сложен крепкоцементированными мелко-среднезернистыми полимиктовыми песчаниками аркозового типа и алевролитами от светло-серого до темно-серого цвета, часто с буроватым оттенком. Цемент хлорит-гидрослюдисто-каолинитового и кальцит-сидеритового состава, иногда гидрослюдистый и лейкоксен-хлорит-каолинитовый. Толщина пласта Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> в пределах площади изменяется от 19 до 29м.

Максимуму регрессивного цикла осадконакопления отвечает регионально-выдержанный угольный пласт У1, перекрывающий отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>. Формирование угольного пласта происходило в типично континентальных условиях. В большинстве скважин угольный пласт У1 расчленяется на два пропластка – У<sub>1</sub><sup>1</sup> и У<sub>1</sub><sup>2</sup>. Толщина угольной пачки составляет около 5-10м. В скважине 15-Р угольная пачка представлена породами буровато-серого углистого аргиллита переходящего вниз по разрезу в песчаник тонкозернистый светло-серый слойчатый крепкий.

Учитывая субконтинентальный характер отложений подугольной пачки, ранее пласт Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> васюганской свиты принимался как пласт Ю<sub>2</sub> тюменской свиты.

Надугольная пачка залегает между угольным пластом У1 и подошвой георгиевской свиты. Разрез надугольной пачки включает песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, формирование которых происходило в полифациальных условиях. Песчаники верхневасюганской подсвиты мелкозернистые, полимиктовые. Аргиллиты слюдистые, алевролиты массивные. Пласты разделяются реперным прослоем, хорошо прослеживающимся во всех скважинах площади и представленным аргиллитами и алевролитами с большим количеством известковистых раковин пелеципод, которые подстилаются незначительным угольным пропластком. Можно также отметить, что в скважине 18-Р Казанской площади внутри данного глинистого прослоя встречен песчаник мелкозернистый светло-серый крепкий нефтенасыщенный, со следами биотурбации. Толщина прослоя, разделяющего пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, в пределах площади изменяется от 6 до 11 м.

Породы пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> (нижнего из пластов надугольной пачки) представлены светло-серыми, слабослюдистыми, мелко-среднезернистыми крепкосцементированными песчаниками с обугленным растительным детритом. По вещественному составу преобладают полевошпатово-кварцевые и полимиктовые аркозового типа песчаники с глинистым, реже карбонатным цементом. Общая толщина пласта в пределах площади возрастает в северном направлении от 6 до 20 м. В северной части месторождения пласт делится на две пачки, которые различаются как по комплексу ГИС, так и по керновым данным. Породы верхней пачки, индексируемой Ю<sub>1</sub><sup>2a</sup>, содержат песчаник мелко-среднезернистый серый, хорошей крепости, с чередованием прослоев мелкой и средней размерности зерен. Нижняя пачка - Ю<sub>1</sub><sup>2б</sup> представлена песчаником мелко-тонкозернистым, хорошо сцементированным с глинистыми прослоями. Верхняя пачка формировалась в условиях нижнего пляжа и характеризуется лучшими фильтрационно-емкостными свойствами, по сравнению с нижней пачкой, для которой характерны условия приливно-отливной равнины. В северном направлении доля пород пачки Ю<sub>1</sub><sup>2a</sup> в интервале пласта увеличивается за счет сокращения толщины пачки Ю<sub>1</sub><sup>2б</sup>, что свидетельствует о

постепенном фациальном переходе от прибрежно-морских к мелководно-морским осадкам.

В разрезе отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> преимущественно развит светло-серый, мелко-среднезернистый среднесцементированный полевошпатово-кварцевый песчаник. Песчаники неравномерно переслаиваются алевролитами и аргиллитами. Цемент в песчаниках полиминеральный, в составе которого присутствуют каолинит, гидрослюда, хлорит часто в ассоциации с кальцитом и сидеритом. Максимальная толщина пласта составляет 10 м (скважина 17-Р). На юге и на западе Казанской площади пласт отсутствует за счет постседиментационного размыва. Граница зоны выклинивания пласта была оконтурена по данным сейсмических исследований в 2006г и позже не пересматривалась, так как область выклинивания подтверждается данными последующего бурения (скважина 15-Р). Наличие позднеюрского размыва, произошедшего на рубеже васюганского и георгиевского времени, подтверждается наличием в керне скважин 10, 11 и 12 на границе георгиевской и васюганской свит брекчии, конгломерата и гальки.

**Георгиевская свита (J<sub>3</sub>km)** сложена аргиллитами темно-серыми до черных, плотными, тонкоотмученными, с включениями глауконита, содержащими фауну кимериджского возраста. Среди пород встречаются остатки аммонитов и белемнитов. Георгиевскую свиту отличает характерная особенность: в основании свиты отмечаются прослой глауконитовых отложений, которые хорошо определяются резким повышением значений по индукционному каротажу, что представляет собой характерный репер при детальной корреляции разрезов скважин. Общая толщина свиты изменяется от 4 м до 9 м.

**Баженовская свита (J<sub>3</sub>v)** имеет распространение на большей части территории Западно-Сибирской плиты. С кровлей свиты связан сейсмический отражающий горизонт «Б». Породы баженовской свиты представляют собой наиболее глубоководные морские осадки юры: аргиллиты темно-серые, битуминозные, массивные, плитчатые, встречается фауна аммонитов и белемнитов титон-волжского и нижне-берриасского возраста. Отложения

баженовской свиты хорошо выделяются как по керну, так и по каротажу. Средняя толщина свиты составляет 24-31 м.

### *Меловая система (K)*

Отложения меловой системы согласно и без перерыва залегают на юрских отложениях. В их составе выделены следующие свиты: куломзинская, тарская, киялинская, алымская, покурская, кузнецовская, ипатовская, славгородская, ганькинская.

### *Нижний мел (K<sub>1</sub>)*

**Куломзинская свита (K<sub>1b-vl</sub>).** Отложения представлены уплотненными глинами, глубоководными темно-серыми аргиллитами и мелководно-морскими аргиллитами с прослоями серых песчаников и алевролитов. Толщина свиты 170-260м.

**Тарская свита (K<sub>1 vl</sub>).** Свита образована мелководно-морскими песчаниками серого и светло-серого цвета, преимущественно известковистыми, с прослоями алевролитов и темно-серых аргиллитоподобных глин, полевошпатово-кварцевые, среднесцементированные, с остатками известковистых раковин. Толщина свиты меняется от 40м до 200м.

**Киялинская свита (K<sub>1g-br</sub>).** Свита представлена мелководно-морскими пестроцветными (кирпично-красными, зелеными, зеленовато-серыми) глинами, известковистых песчаников и алевролитов. Общая толщина свиты составляет 400-685м.

**Алымская свита (K<sub>1a-al</sub>)** сложена глинными серыми, темно-серыми, аргиллито-подобными, слабослюдистыми с растительным детритом. В нижней части свиты залегают серые, полимиктовые, разномиктовые песчаники. Толщина свиты до 33 метров.

*Нижний-верхний отделы (K<sub>1-2</sub>)*

**Покурская свита (K<sub>1a-al</sub>-K<sub>2c</sub>).** К отложениям верхов нижнего и низов верхнего отделов меловой системы, объединенных в покурскую свиту, отнесены континентальные и частично прибрежно-морские осадки апт-альбского и сеноманского веков.

На Казанской площади свита вскрыта всеми пробуренным скважинами. Отложения представлены преимущественно серыми и темно-серыми глинами. Встречаются песчаники, пески и алевролиты светло-серые, полимиктовые. Характерен растительный детрит, остатки растений, сидерит, пласты бурых углей. Общая толщина свиты достигает 790 м.

*Верхний мел (K<sub>2</sub>)*

**Кузнецовская свита (K<sub>2t</sub>)** трансгрессивно залегает на континентальных образованиях покурской свиты. Сложена она серыми и зеленовато-серыми глинами с прослоями глауконитовых алевролитов и песков. Толщина свиты 15-20 м.

**Ипатовская свита (K<sub>2cn-s</sub>)** представлена песчаниками и алевролитами зеленовато-серыми, часто глауконитовыми, с глинисто-известковым цементом, иногда кремнистым, с прослоями серых глин, с сидеритовыми конкрециями. Характерно наличие углистых растительных остатков. Толщина свиты 80-110 м.

**Славгородская свита (K<sub>2sp</sub>)** сменяет ипатовскую свиту. Сложена глинами серыми и зеленовато-серыми, с прослоями глинистых опок, глауконитовых алевролитов и песчаников, пиритизированных водорослей, включений пирита. Толщина свиты изменяется от 58 до 69 м.

Отложениями **ганькинской свиты (K<sub>2m</sub>)** заканчивается разрез меловой системы. Накопление свиты происходило в морских условиях. Отложения свиты представлены серыми, реже светло-серыми, с зеленоватым оттенком глинами, с линзами и присыпками кварцево-глауконитовых песков и алевролитов. Средняя толщина ганькинской свиты составляет 100-120 м.

*Кайнозойская группа (KZ)**Палеогеновая система (P)*

Разрез палеогеновых отложений на месторождении представлен толщей палеоценового, эоценового и олигоценового возрастов. На Казанском месторождении породы кайнозойского возраста, залегают с размывом на мезозойском комплексе отложений. Здесь выделяются четыре свиты: талицкая, люлинворская, чеганская (морская) и некрасовская (континентальная). Породы представлены чередованием темно-серых до черных глин, (местами опоковидными), кварцево-глауконитовых песчаников, пропластков алевролитов и бурых углей, голубоватых или желтоватых рыхлых мелко- и тонкозернистых песков. Общая толщина кайнозойских отложений может достигать 200 м.

**Талицкая свита** представлена слоистыми, темно-серыми, в нижней части зеленоватыми, плотными, большей частью жирными глинами, иногда опоковидными. Встречаются редкие прослои кварцево-глауконитовых песков и алевролитов. Глины монтмориллонитовые и гидрослюдистые.

**Люлинворская свита** – монотонная толща песчано-алевролитовых глин от темно-серых в нижней части до зеленовато-серых и желтых вверху с прожилками и линзами разнозернистых песчаников, легнитов и остатками обуглившейся древесины.

**Чеганская свита** сложена темно-серыми песчаными глинами с линзами, гнездовидными включениями и прослоями светло-серых алевролитов и тонкозернистых песков.

**Некрасовская свита** представлена переслаиванием угленосных алевролитово-глинистых пачек с подчиненными прослоями песков.

### *Четвертичная система (Q)*

На размытой поверхности палеогеновых отложений несогласно залегают отложения четвертичного возраста. Четвертичными отложениями заканчивается разрез осадочного чехла. Осадки разнообразны по своему литологическому составу, в основном, это аллювиальные, озерные, озерно-болотные, ледниковые отложения пойм и террас рек: пески, супеси, суглинки, глины, торф. Толщина отложений до 70м.

### **2.3 Тектоника**

Согласно тектонической карте центральной части Западно-Сибирской плиты участок Казанского месторождения расположен в пределах положительной структуры первого порядка - Казанского выступа на северо-западном его окончании. К северо-западу от структуры расположена Табаганская мегаседловина, к северу – Парбигский мегапрогиб, к югу – Пограничный мегапрогиб. Более детально тектоническое строение района рассмотрено при создании схемы тектонического районирования юрского структурного яруса осадочного чехла Томской области под редакцией А.Э. Конторовича (Рисунок 2.3) (Конторович, 2002). На этой карте Казанское локальное поднятие расположено в пределах положительной структуры второго порядка – Калгачского мезовыступа. Калгачский мезовыступ представляет собой полузамкнутую структуру II порядка, вытянутую в северо-западном направлении, Казанское локальное поднятие находится на его северо-западной периклинали. Структура Калгачского мезовыступа осложнена двумя куполовидными поднятиями – Таволгинским и Олимпийским. Южно-Казанский мезопрогиб, расположенный на южной границе участка, осложненный Северо-Казанским прогибом и Южно-Казанской впадиной, вытянут в северо-западном направлении и отделяет Калгачский мезовыступ от расположенного юго-западнее Межовского

мегавыступа. Согласно карте тектонического районирования западнее Калгачского мезовыступа расположен Колпашевский мезовал. Северо-западнее и севернее расположены Лавровский мезовыступ и Пудинское мезоподнятия соответственно. Между ними к северо-западу от участка выделяется Чужикско-Чижаянская мезоседловина, соответствующая Табаганской мегаседловине на обобщенной карте Западно-Сибирской плиты. К северо-востоку выделена отрицательная структура третьего порядка - Южно-Пудинский прогиб.

По современной поверхности кровли доюрского комплекса пород основным структурообразующим элементом на территории участка является Казанское локальное поднятие. Структура оконтуривается по изогипсе с отметкой -2720 м, охватывая площадь Западно-Сомовского локального поднятия. Максимальная отметка -2543 м расположена в районе скважины 1-Р. Поднятие имеет изометричные очертания и вытянуто в западно-северо-западном направлении. Размеры поднятия по замыкающей изогипсе 15×8 км. Рельеф доюрских образований Казанского поднятия носит эрозионный характер. Северный и восточный склоны поднятия осложнены эрозионными врезами и тектоническими нарушениями субмеридионального направления. Северный склон более пологий, осложнен небольшим мысом, вытянутым в северном направлении и включающим в себя два небольших изометричных поднятия. Восточный склон структуры осложнен вытянутым в северном направлении мысом с поднятием, оконтуренным по изогипсе -2700м.

Южный склон Казанского поднятия наиболее крутой и ограничен серией средних и крупных субпараллельных тектонических нарушений. Западный склон сечется серией разрывных нарушений и осложнен на севере мысом, вытянутым в западном направлении и ограниченным по южному и северному бортам разрывными нарушениями. Сводовая часть структуры имеет относительно изометричное строение и рассечена мелкими разрывными нарушениями субмеридионального простирания.

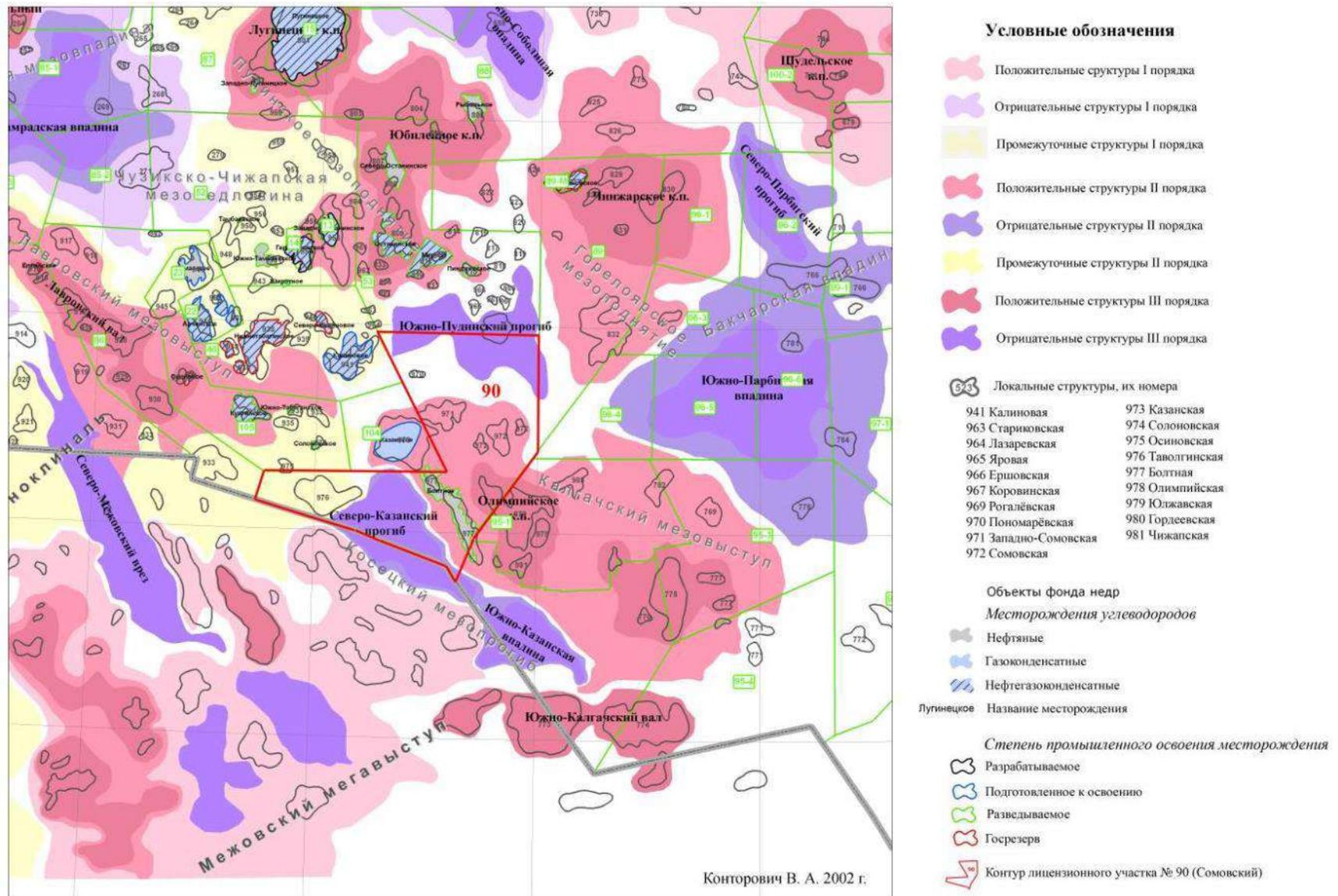


Рисунок 2.3 - Выкопировка из схемы тектонического районирования юрского структурного яруса осадочного чехла (Конторович, 2002)

Северная часть лицензионного участка захватывает борт крупного прогиба, ограничивающего Казанскую структуру. Юго-восточная часть участка представляет собой северные отроги Болтного поднятия, осложненного серией протяженных субмеридиональных разрывных нарушений и соединяющегося с Казанским поднятием узким перешейком.

Разрывные тектонические нарушения проникают в осадочный чехол незначительно и, как правило, затухают в интервале тюменской свиты. Возможно проникновение малоамплитудных, невыраженных в сейсмическом поле, тектонических нарушений и в верхнеюрский интервал осадочного чехла, где они могут играть роль локальных флюидоупоров. Однако, учитывая, что протяженные разломы в фундаменте выявлены лишь по периферии Казанского поднятия, маловероятно влияние дизъюнктивной тектоники на формирование протяженных гидродинамических барьеров и на строение залежей в верхнеюрских породах.

Анализируя развитие дизъюнктивных дислокаций по площади участка, следует отметить, что максимальная густота непротяженных разрывных нарушений приурочена к южной части территории. Здесь также происходит смена основных направлений ориентации нарушений с преимущественно северо-северо-западного на юге в районе Болтного поднятия (около  $330^{\circ}$  СЗ) на преимущественно северо-западное на большей части Казанского участка (около  $300^{\circ}$  СЗ). В осадочном чехле на юге Казанского участка отмечаются аномальные изменения общих толщин стратиграфических интервалов по оси, протягивающейся южнее скважин 1-Р и 10-Р через район скважины 15-Р. При увеличении общей толщины нижневасюганских отложений и подугольной толщи верхневасюганских отложений происходит сокращение общей толщины надугольной толщи вплоть до полного исчезновения пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>. Ось аномальных проявлений в осадочном чехле протягивается в северо-восточном направлении под углом около  $60^{\circ}$ . Это же направление характерно для границ глобальных тектонических структур, таких как Табаганская мегаседловина, расположенная к северо-западу от рассматриваемой территории, Урманская седловина и др. В исследуемом районе такое же направление характерно для притоков р. Обь,

например для реки Парабель, протекающей в 20 км к северо-западу от Казанского месторождения. Следует отметить, что северо-восточное направление, соответствующее направлению оси аномальных изменений в осадочном чехле месторождения, типично для осей сдвиговых дислокаций Западно-Сибирской плиты. Совокупность факторов позволяет предположить наличие в южной части территории структуры левого горизонтального сдвига с многочисленными оперяющими сколами, проникающими в осадочный чехол в виде цветковых структур. Амплитуда горизонтального смещения тектонических блоков может составлять 2 – 3 км. Как правило, плоскость сдвига выявляется в сейсмическом волновом поле локальными участками, связанными со значительным изменением гипсометрии одновозрастных пород с разных сторон плоскости нарушения. Морфология сдвиговых дислокаций выявляется на основании анализа оперяющих сколов. Для выявления всех особенностей строения структуры горизонтального сдвига необходимо целенаправленное изучение дизъюнктивных нарушений с анализом парагенеза совокупности тектонических дислокаций по данным 3D сейсмических исследований.

Этапу формирования платформенных мезозойских отложений предшествовал значительный перерыв в осадконакоплении. В отличие от северных районов Западно-Сибирской плиты, где юрские породы согласно залегают на отложениях триасового возраста, в южной части плиты триасовые осадки распределены ограниченно, локализуясь в грабенах. Для площади Казанского участка характерно отсутствие триасовых отложений.

Структурные планы отложений тюменской и васюганской свиты в общих чертах повторяют особенности рельефа доюрской эрозионной поверхности, постепенно выполаживаясь и теряя контрастность некоторых структурных элементов вверх по разрезу (Обобщение..., 2001).

По отражающему горизонту Па (подошва баженовской свиты) Казанское локальное поднятие сохраняет общие черты строения по кровле доюрского фундамента, при этом становится более пологой и теряет свою контрастность. Мысы, осложняющие склоны поднятия, сглаживаются. Северный склон поднятия

увеличивается по площади. Структура оконтуривается по изогипсе -2340м. Казанская структура имеет ассиметричное строение. Свод поднятия смещен к юго-западу (район скважин 1-Р, 15-Р). Юго-западный склон структуры довольно резкий с углами падения до  $2^{\circ}$ . Углы падения северного склона от  $0,3^{\circ}$  до  $1^{\circ}$ . Северный склон осложнен заливами и структурными носами. По изогипсе -2350м Казанское локальное поднятие объединяется с расположенным к юго-востоку от него Болтным локальным поднятием, а по изогипсе -2360м с Сомовским локальным поднятием на востоке. Однако, учитывая повышенный градиент структурной поверхности в южной части площади, а также точность структурных построений (данная часть территории изучена только сейморазведкой 2D) можно предположить и более низкий уровень замыкания Казанской структуры. Об этом косвенно свидетельствует наличие залежей нефти в верхнеюрских отложениях на Болтном поднятии с уровнями ВНК, отличными от контактов в залежах Казанской структуры.

## 2.4 Нефтегазоносность

В подсчете запасов 2006 г. по Казанскому месторождению запасы нефти, газа и конденсата считались по отложениям васюганской свиты юрского нефтегазоносного комплекса (пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>, Ю<sub>3</sub>, Ю<sub>4</sub>). В 2007г. (Пересчет..., 2007) запасы нефти, газа и конденсата утверждены ГКЗ. К тому времени на площади были пробурены 11 поисковых и разведочных скважин и 1 поисково-оценочная скважина, получен новый объем геолого-геофизической информации по данным материалов съемки 2D и 3D. В 2009 г. по результатам разведочного бурения произведен оперативный пересчет запасов по пластам Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, изменения учтены в Госбалансе (Пересчет..., 2010).

В настоящее время в контуре Казанского лицензионного участка находится более 60 скважин: 21 поисково-разведочная и более 40 эксплуатационных.

Пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> находятся в опытно-промышленной эксплуатации согласно технологическим схемам опытно-промышленных работ на пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Казанского нефтегазоконденсатного месторождения, утвержденных ЦКР Роснедра в 2008 г.

Продуктивные пласты васюганской свиты – это прибрежно-морские и морские отложения, представленные чередованием аргиллитов, алевролитов, песчаников и глин. Внутренне строение васюганской свиты достаточно сложное, что связано с наличием размывов и замещением в отдельных объектах коллекторов глинистыми непроницаемыми породами.

Продуктивные отложения тюменской свиты (пласты Ю<sub>3</sub> и Ю<sub>4</sub>) имеют континентальный генезис и отличаются значительной литологической изменчивостью.

Анализ результатов испытаний, материалов ГИС, исследований керна показал, что на Казанском месторождении в разных стратиграфических горизонтах выделяются, в основном пластово-сводовые залежи УВ.

Ниже приводится краткое описание залежей нефти и газа по подсчетным объектам сверху вниз по разрезу. Всего на Казанском месторождении выделены 1 нефтяная залежь, 3 газоконденсатные залежи и 1 газоконденсатнонефтяная в 5 подсчетных объектах.

### **Залежь пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>**

Продуктивность отложений установлена в 1967г. по результатам испытаний скважин 1-Р, 2-Р, 3-Р.

На момент подсчета запасов 2006г. пласт был испытан в 6 скважинах, ни в одной из скважин при испытании пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> вода получена не была. При опробованиях получены притоки газа с конденсатом. По результатам исследования глубинных проб скв. 21-Р и 9-Р пластовая система классифицирована как нефтяная. Таким образом, по пласту Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> ГКЗ в 2006г. утверждены запасы нефти.

По данным подсчета запасов 2006г. положение ВНК принято условно на отметке -2360,7м по подошве продуктивного коллектора скв. 21-Р, при испытании которой в интервале 2799,5 – 2805м был получен «продукт». Контур залежи выходит за пределы Казанского лицензионного участка в восточном направлении, в западном и южном направлении пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> размыт.

В пласте Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> выделена одна залежь нефти, которая вскрыта 56 скважинами, из которых 16 поисково-разведочных и 40 эксплуатационных. Залежь ограничена на западе и юге зонами размыва пласта, на севере и востоке - внешним контуром нефтеносности.

Конфигурация залежи изменилась в связи с бурением новых скважин и уточнением структурного плана по результатам переинтерпретации сейсморазведочных работ.

Испытания пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> проведены в 20 скважинах (24 объекта), причем в 5 скважинах пласт испытан совместно с нижележащими пластами. В 2010г при испытании скв.17-Р был впервые получен приток воды. Испытание пласта проведено в 2 этапа. На первом этапе проперфорирован интервал 2491 – 2494 м (-2371,5 – 2374,5м), дебит воды составил 2285 м<sup>3</sup>/сут, отобраны пробы воды. Второй этап исследования охватывает интервалы 2491 – 2494м (-2371,5 – 2374,5м) и 2485 – 2489,5м (-2365,5 – 2370 м), получено 79,5 м<sup>3</sup>/сут нефти и 45,55 м<sup>3</sup>/сут воды. По данным интерпретации ГИС в скв. 17-Р подошва нефтенасыщенного коллектора находится на отметке – 2370м, кровля водонасыщенного коллектора – 2371,1м. Уровень водонефтяного контакта установлен по результатам опробования и данным ГИС в интервале а.о.-2370-2371,1м со средним положением а.о. -2370,5м по скважине 17-Р. Уровень ВНК опустился по сравнению с 2006г. почти на 10м.

Залежь пластово-сводового стратиграфически экранированного типа. Наивысшая отметка кровли коллектора в залежи -2278м, высота залежи 92,5 м. Размеры залежи - с запада на восток 12,3 км, с севера на юг 18 км.

Среднее значение эффективных нефтенасыщенных толщин по залежи Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> составляет 2,33м. Нефтенасыщенные толщины по скважинам изменяются от 0,5 м (скв.12-Р) до 6,5м (скв.30-Р). Максимальные эффективные толщины пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>

расположены в районе скважин 30-Р и 17-Р, в зоне скопления песчаного материала на пониженном участке палеоструктуры. К этой же области приурочены максимальные нефтенасыщенные толщины пласта.

### **Залежь пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>**

Пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> занимает всю площадь Казанской структуры, на месторождении является основным объектом. В составе объекта выявлена газоконденсатнонефтяная залежь. Новые скважины, пробуренные на севере залежи, существенно уточнили её строение. Так же были уточнены и изменены газо-нефте-водяные контакты. Ранее ГНК установлен на отметке -2344 м по результатам бурения скв.12-Р, испытанной в интервале 2494-2500 м (а.о. -2343,6-2349,6 м), где была получена нефть дебитом 0,48 м<sup>3</sup>/сут. В подсчете запасов (ПЗ) 2006 года ГНК установлен на а.о. -2339 м по наивысшей отметке кровли нефтенасыщенного коллектора в скв. 650, пробуренной в 2010 году. Уровень ВНК в 2006 году был принят условно, так как ни одна скважина воду не вскрывала. В 2010 году пробурена скв. 17-Р, при опробовании в интервале 2511-2514 м (а.о. -2391,5-2394,5 м) получена вода дебитом 3,2 м<sup>3</sup>/сут с пленкой нефти, а при опробовании в интервале 2501-2510 м (а.о. -2381,5-2390,5 м) получен приток нефти с газом дебитами Q<sub>н</sub>= 9,31 м<sup>3</sup>/сут, Q<sub>г</sub>= 1,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Таким образом ВНК установлен по подошве нефтенасыщенного коллектора на а.о. - 2390,5 м. В настоящее время пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> вскрыт всеми пробуренными скважинами, испытания проведены в 16 скважинах. Общая толщина колеблется в пределах от 6 м (скв.12-Р) до 20 м (скв.16-Р). Эффективная толщина по скважинам изменяется от 2,4 м (скв.8-Р) до 17,5 м (скв.16-Р).

В пласте Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> выделена пластово-сводовая залежь, имеющая нефтяную оторочку и газовую шапку. Залежь распространяется за пределы лицензионного участка в северо-восточном направлении. В ПЗ 2006г. залежь раскрывалась в юго-восточном направлении на Сомовский ЛУ. В продуктивном пласте Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Болтного нефтяного месторождения, находящегося на Сомовском ЛУ, ВНК установлен на а.о. – 2343м. В настоящем подсчете запасов Казанское месторождение отделяется

от Болтного прогибом. Основанием для прогиба являются данные сейсморазведочных работ 2Д.

Наивысшая отметка кровли коллектора в газовой шапке – 2291 м (р-н скв.1р), высота нефтяной части пласта- 51,50 м, газовой- 47,97 м. Размеры нефтяной оторочки с севера на юг - 21,8 км, с запада на восток - 21,1 км, размеры газовой шапки с севера на юг - 7 км, с запада на восток - 9,1 км.

Среднее значение эффективных нефтенасыщенных толщин по залежи составляет 10,4 м. Нефтенасыщенные толщины по скважинам изменяются от 2,4 м (скв.8-Р) до 17,5 м (скв.16-Р). Среднее значение газонасыщенных толщин по залежи составляет 3,9 м, по скважинам изменяются от 3,2 (скв.3-Р) до 4,3 м (скв.15-Р).

## **ГЛАВА 3. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ТИПИЗАЦИЯ РАЗРЕЗОВ СРЕДНЕ-ПОЗДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ**

### **3.1. Литолого-петрографическая характеристика**

В задачи детальных литологических исследований проведенных автором, входило определение вещественного (как обломочной части, так и цементирующего материала в шлифах) и гранулометрического состава песчаных пород и анализ распределения полученных данных по разрезам скважин, вскрывших отложения верхневасюганской подсвиты, барабинской пачки и баженовской свиты.

Петрографические исследования алеврито-песчаных пород в шлифах, выполнены на поляризационном микроскопе Olympus BX51 с применением традиционных методических подходов, разработанных О.В. Бескровной, И.Л. Герашенко (1984), Дж. Гриффитсом (1971), В.А. Гроссгеймом, Н.В. Логвиненко (1984, 1986), Ф.Дж. Петтиджоном (1981, 1964), С.И. Романовским (1977), Л.Б. Рухиным (1969), В.Т. Фроловым (1992, 1995, 1998), О.А. Черниковым (1969), В.Н. Швановым (1969, 1987, 1998), В.Г. Шутовым (1967), позволили детализировать особенности вещественного состава и пустотного пространства пород коллекторов.

В вещественный состав входит обломочная часть, состоящая из породообразующих и акцессорных минералов, аутигенных минералов и цемента, органического вещества и других органических остатков. Содержания этих компонентов далее по тексту указаны в процентах от общей площади шлифа. Полученные результаты были использованы при построении классификационных диаграмм минерально-петрокластических песчаных пород В.Г. Шутова (1967).

#### **3.1.1. Верхневасюганская подсвита**

На месторождениях Казанской группы надугольная пачка вскрыта в пределах верхневасюганской подсвиты всеми пробуренными скважинами, имеет сложное строение и представляет наибольший интерес среди геологов и разработчиков, поскольку в ней содержатся основные запасы нефти и газа территории иссле-

дования. В литологическом плане она представлена комплексом терригенных пород, различных по составу и структурно-текстурным признакам.

В составе верхневасюганской подсветы выделены следующие типы пород: аргиллиты, алевролиты, в том числе глинистые, известняки и ракушнякаи, а также песчаники, слагающие пласты-коллекторы.

*Аргиллиты*, преимущественно алевроитовые и алевроитистые, темно-серые, по структуре пелитовые и алевро-пелитовые. Макроскопически породы однородные и тонкослоистые с глобулями и стяжениями пирита. Отмечается субгоризонтальная и линзовидная слоистость, подчеркнутая намывами песчано-алевритового и углистого материала. Послойное распределение обломочного материала, разного по гранулометрическому составу, обусловило неоднородную линзовидно-волнистую микротекстуру.

Основная масса неравномерно буроватого, желтоватого и серого цвета, сложена преимущественно гидрослюдистым материалом с примесью каолинита, монтмориллонита, хлорита, сидерита, пирита и растительного детрита (Рисунок 3.1). Количество обломочного материала варьирует в пределах 15...45%. По составу аргиллиты преимущественно полимиктовые. Обломочный материал, размер которого не превышает 0,01...0,05 мм, представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками пород и слюдой. В аргиллитах распространены аутигенные минералы: сидерит, лейкоксен и пирит.

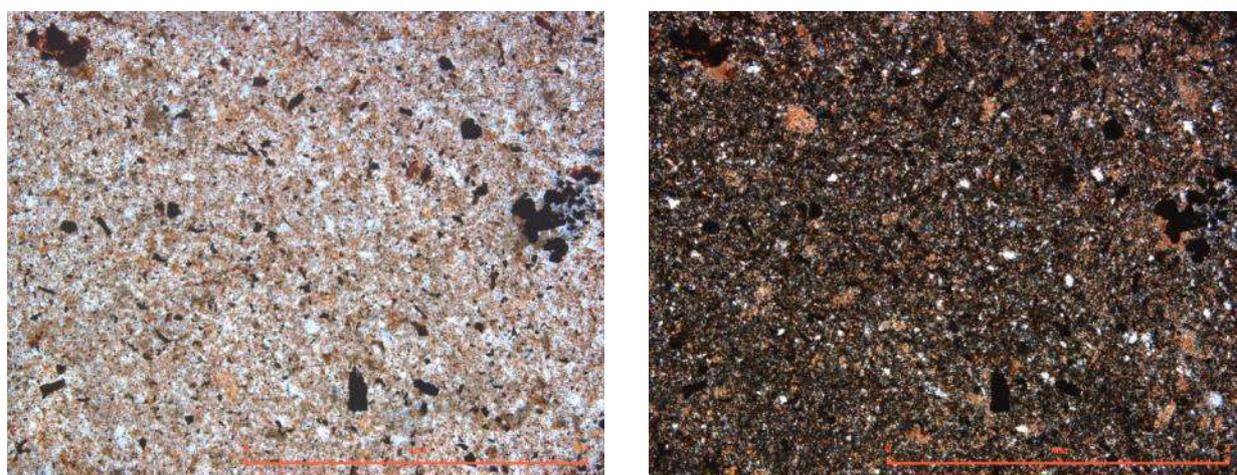


Рисунок 3.1 - Аргиллит алевроитовый сидеритизированный; текстура однородная, участками пятнистая, за счет округлых скоплений сидерита (Казанская-15, гл. -2443,54 м).

*Николи II и X*

Сидерит пелитоморфный, выполняет роль цемента. Сидеритизация породы до 15 %, сидерит пелитоморфный, в виде вытянутых по наслоению обособлений размером до 0.25 мм (Рисунок 3.2). Пирит встречается в виде глобулей и их скоплений неправильной формы.

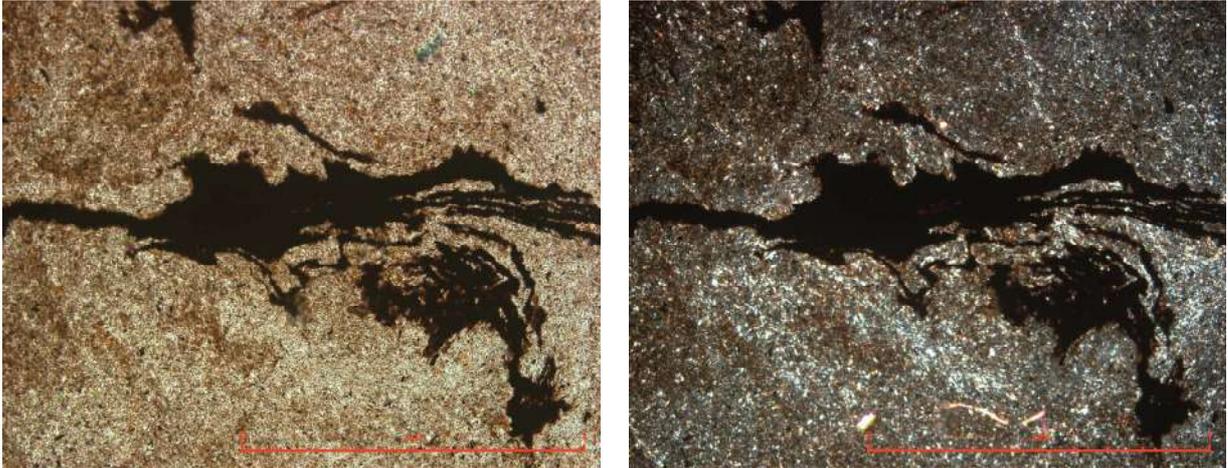


Рисунок 3.2 - Аргиллит алевритистый сидеритизированный; текстура неоднородная (Казанская-15, гл. 2449,80 м). *Николи II и X*

Текстура аргиллита преимущественно однородная, реже неоднородная, за счет неравномерного распределения сидеритового материала. Отмечаются скопления органического вещества, выполняющего ветвящиеся нитевидные трещины и в виде сгустков причудливой формы, цвет буровато-черный, размер до 5 мм по удлинению. В проходящем свете аргиллиты имеют буроватый цвет за счет присутствия гелефицированного органического вещества (Рисунки 3.3-3.5).

**Алевролиты** мелко- и крупнозернистые, иногда песчанистые серого цвета распространены повсеместно на территории исследования. По литологическому составу полимиктовые, участками глинистые и известковистые, часто сидеритизированные. Гранулометрический состав алевролитов неоднороден. Структура пород алевритовая, реже псаммоалевритовая.

Количество обломочного материала колеблется до 78%. Алевролиты сложены преимущественно кварцем, в меньшей степени калиевыми полевыми шпатами (КПШ), плагиоклазом и обломками мусковита и биотита (деформированными и гидратированными) (Рисунок 3.6).

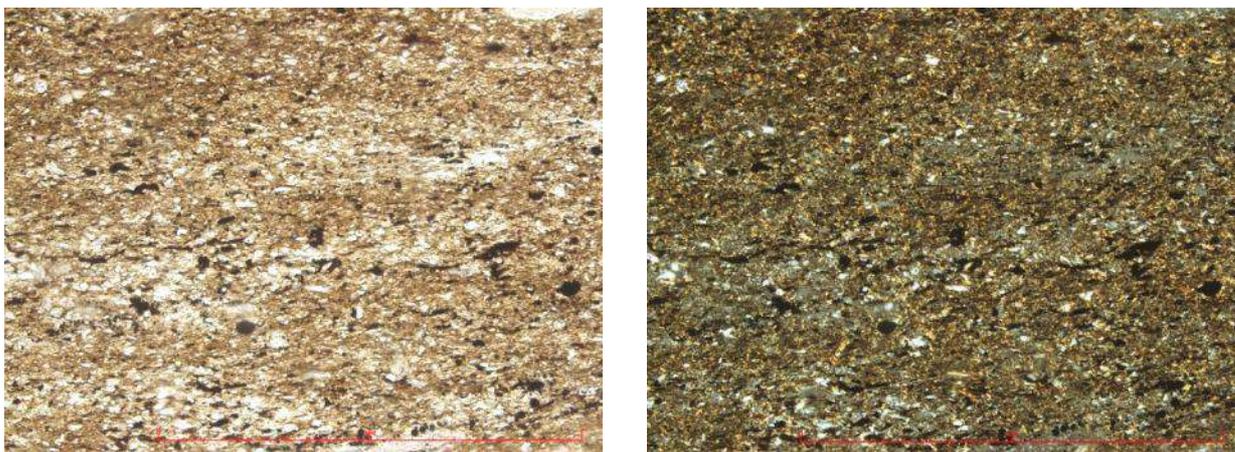


Рисунок 3.3 - Аргиллит алевритовый, каолинит-гидрослюдистый; текстура волнистослоистая (Казанская-7, гл. 2467,00 м). *Николи II и X*

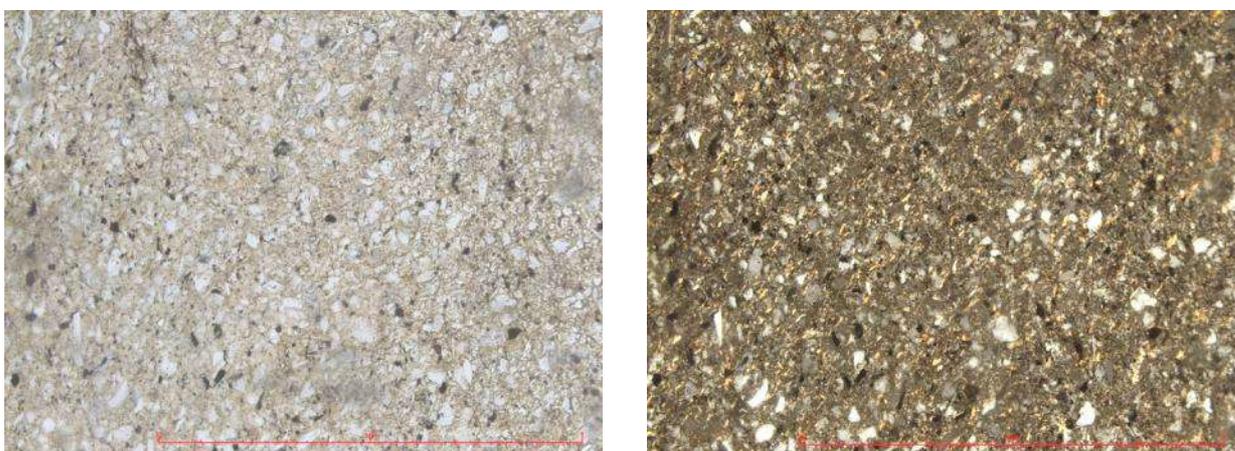


Рисунок 3.4 - Аргиллит алевритовый гидрослюдистый с примесью хлорита, каолинита; текстура однородная (Казанская-2, гл. 2475,10 м). *Николи II и X*

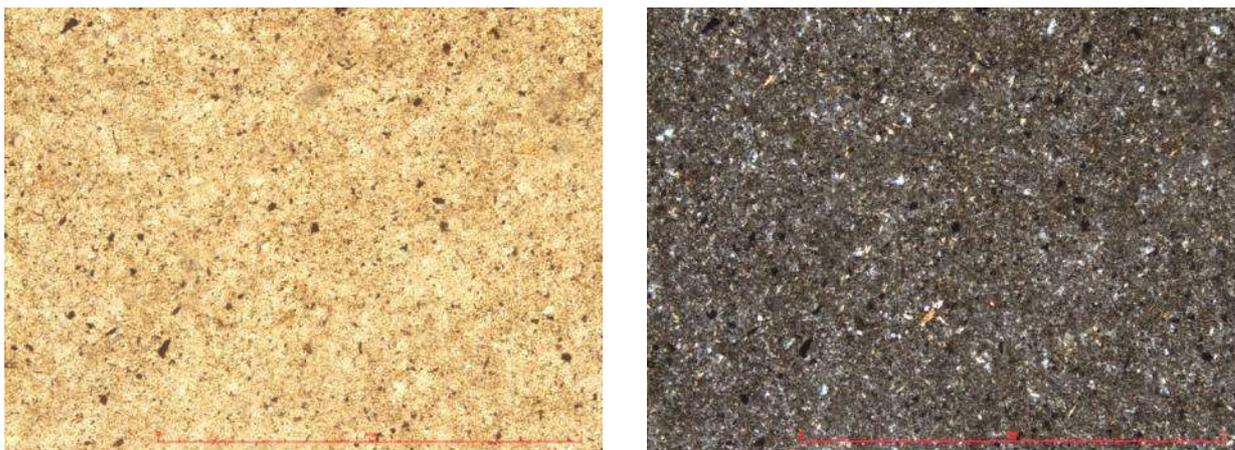


Рисунок 3.5 - Аргиллит алевритистый, гидрослюда-каолинитовый, участками хлорит-каолинит-гидрослюдистый; текстура однородная (Казанская-1, гл. 2452,94 м). *Николи II и X*

Реже встречаются обломки пород, представленные микрокварцитами, средними эффузивами, слюдистыми сланцами. Размер обломочных зерен колеблется в пределах 0,01...0,12 мм, с преобладанием фракции размерностью  $< 0,05$  мм. Средневзвешенный диаметр зерен 0,04 мм. Зерна угловатые и слабо окатанные. Упаковка зерен средней плотности.

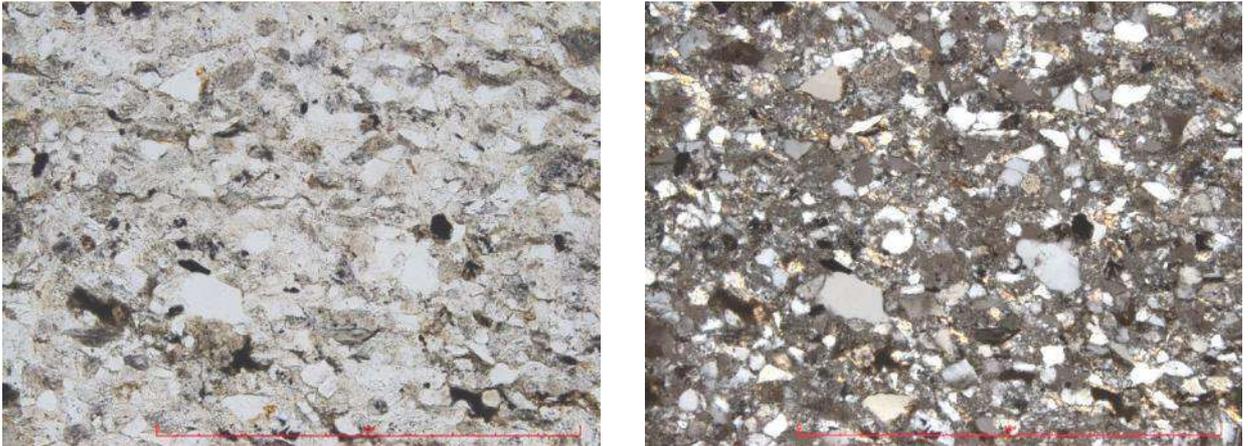


Рисунок 3.6 - Алевролит мелко-крупнозернистый, песчанистый, полевошпатово-кварцевый с гидрослюда-каолинитовым цементом; текстура слоистая (Казанская-4, гл. 2516,15 м). *Николи II и X*

Текстура пород микрослоистая (Рисунки 3.7-3.8), реже линзовидная. Реже отмечается беспорядочная, за счет неравномерного распределения обломочного материала и цемента.

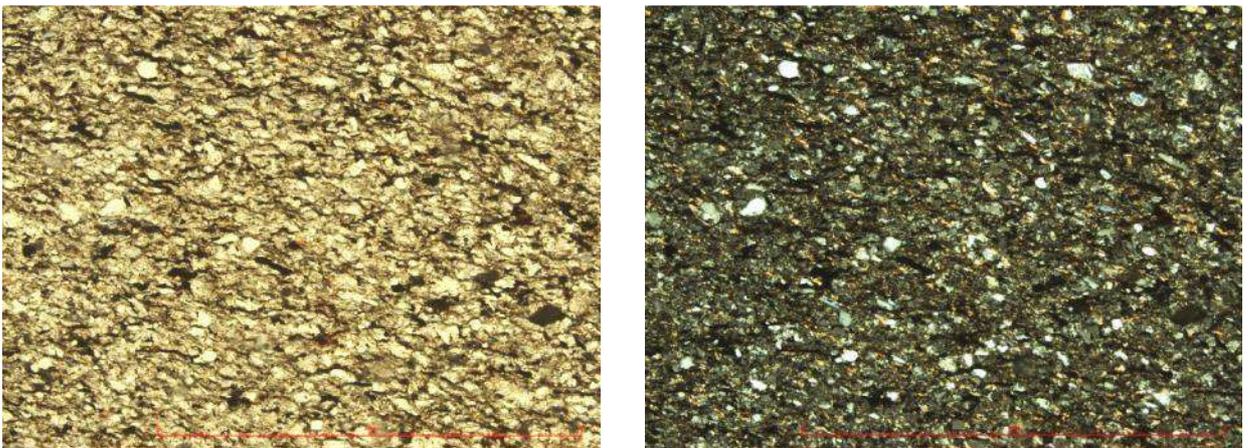


Рисунок 3.7 - Алевролит мелкозернистый, полевошпатово-кварцевый с гидрослюда-сидеритовым цементом с примесью каолинита, хлорита; текстура слоистая (Казанская-4, гл. 2520,75 м). *Николи II и X*

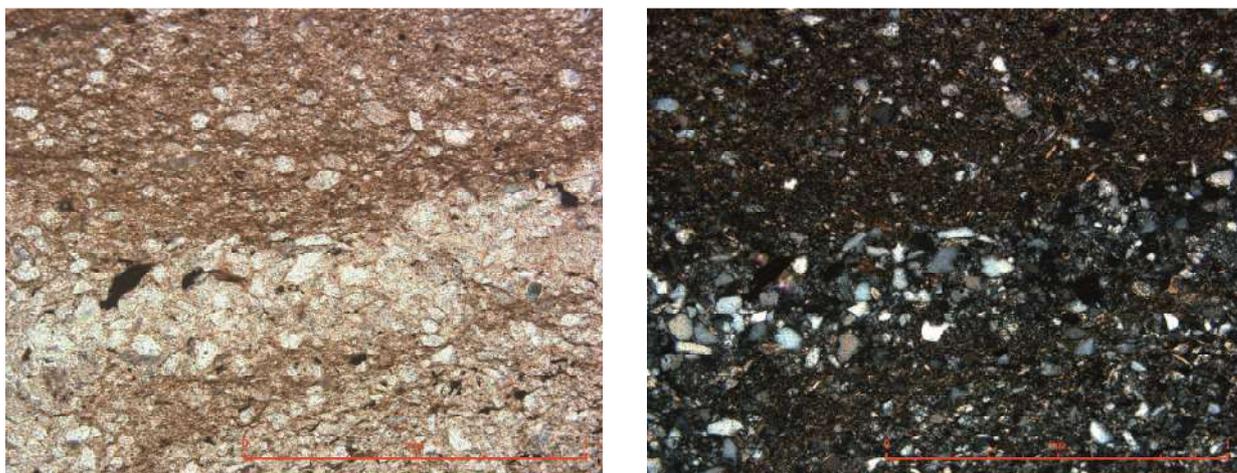


Рисунок 3.8 - Алевролит глинистый полимиктовый с линзами песчаника тонкозернистого; текстура слоистая, линзовидная (Казанская-14, гл. 2514,81 м). *Николи II и X*

Акцессорные минералы представлены цирконом и сфеном. Из аутигенных минералов встречается пирит, сидерит и кальцит. Пирит присутствует в виде мелкозернистых скоплений и глобулей до 3%, неравномерно рассеянных в породе. Сидерит отмечается в виде редких пелитоморфных линзовидных и округлых скоплений (не более 3%).

Органическое вещество представляет собой прерывистые или послойные прожилки с плавными очертаниями мощностью в доли миллиметров, иногда ветвящиеся и по краям трещин (Рисунок 3.9). Отмечается органическое вещество буровато-черного цвета, с краев просвечивает красным, в виде ленточек прерывистых прожилков, ориентированных в одном направлении, а также гелефицированное вещество оранжевого цвета овальной и линзовидной формы.

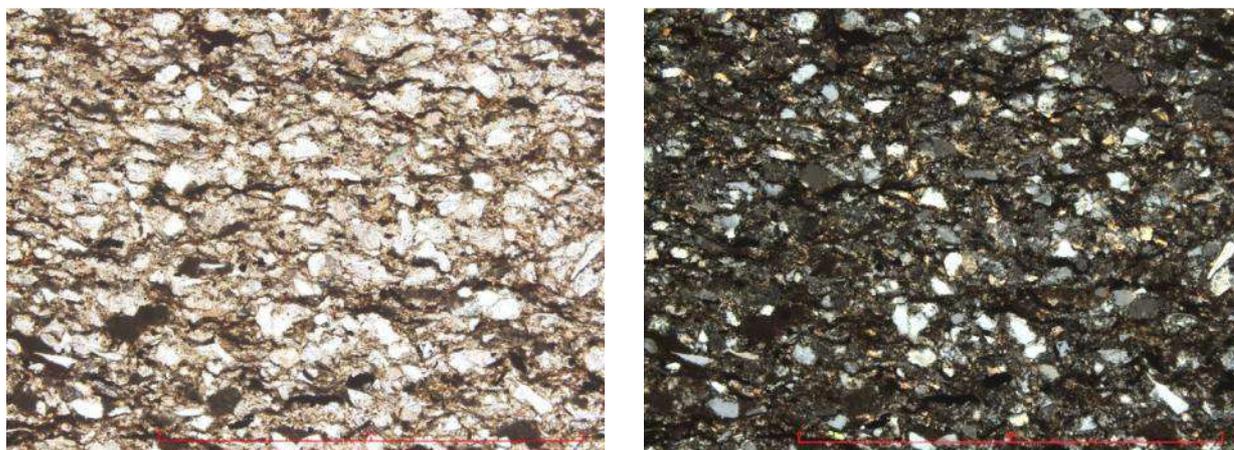


Рисунок 3.9 - Алевролит крупно-мелкозернистый, полимиктовый с битумом с сидерит-гидрослюдистым цементом; текстура слоистая (Казанская-4, гл. 2526,60 м). *Николи II и X*

Среди постседиментационных изменений стоит отметить уплотнение зерен с образованием преимущественно линейных и вогнутых контактов. Отмечено незначительное растворение ПШ и обломков пород, пелитизация и серицитизация ПШ развиты средне в степени от слабой до сильной.

Цемент поровый сложный гидрослюдисто-глинистый до 15%, а также сидеритовый (пелитоморфные комочки сложной формы размером до 0,07 мм) и кальцитовый до 25 % (Рисунки 3.10-3.11).

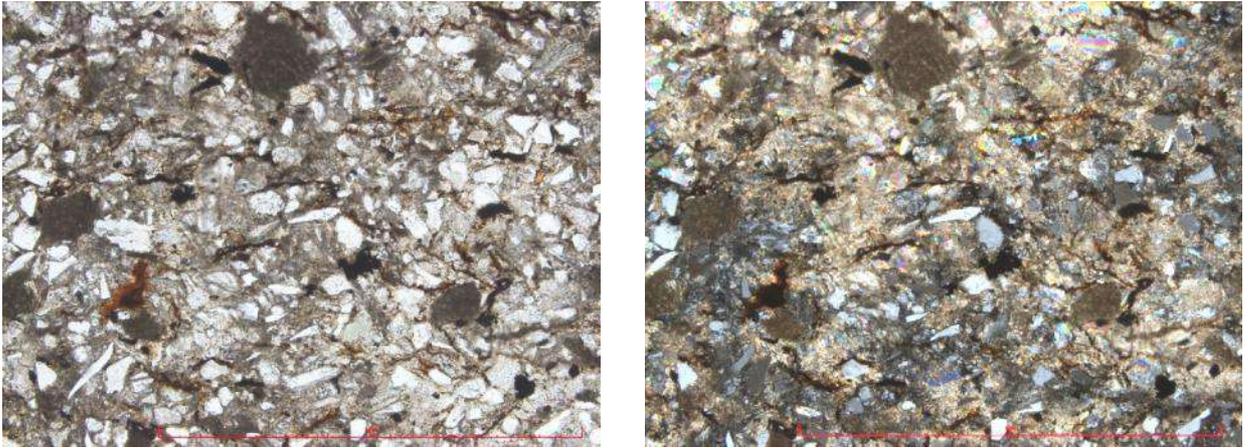


Рисунок 3.10 - Алевролит мелко-крупнозернистый, полевошпатово-кварцевый, с кальцит-сидеритовым цементом; текстура неоднородная (Казанская-4, гл. 2519,73 м).

*Николи II и X*

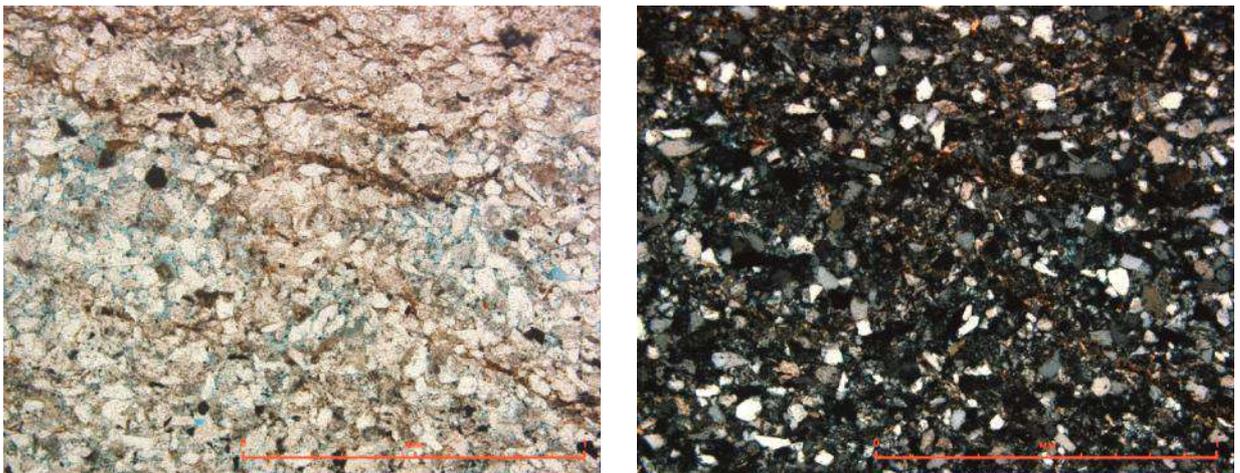


Рисунок 3.11 - Алевролит крупно-мелкозернистый полевошпатово-кварцевый с гидрослюдисто-глинистым цементом; текстура микрослоистая (Казанская-14, гл. 2492,40 м).

*Николи II и X*

Структура порового пространства весьма разнообразна. Послойно чередуются участки с нулевой пористостью и участки где поры занимают 3...4%. Отмечается единичные открытые трещинки ветвящиеся, ориентированные параллельно слоистости и проходящие через весь шлиф. Таким образом, пористость варьирует в пределах 0...4%.

Также отмечаются *алевролиты глинистые слабокарбонатизированные*, где цементирующий материал представлен гидрослюдисто-глинистой массой (до 40% от общего объема) и эпизодически встречается кальцит (до 5%), и *сидеритизированные* с пятнистой текстурой, за счет округлых скоплений сидерита (Рисунок 3.12). Сгустки пелитоморфного сидерита сопоставимые по размерам с обломочными зёрнами и занимают в некоторых образцах до 8% от всего объема.

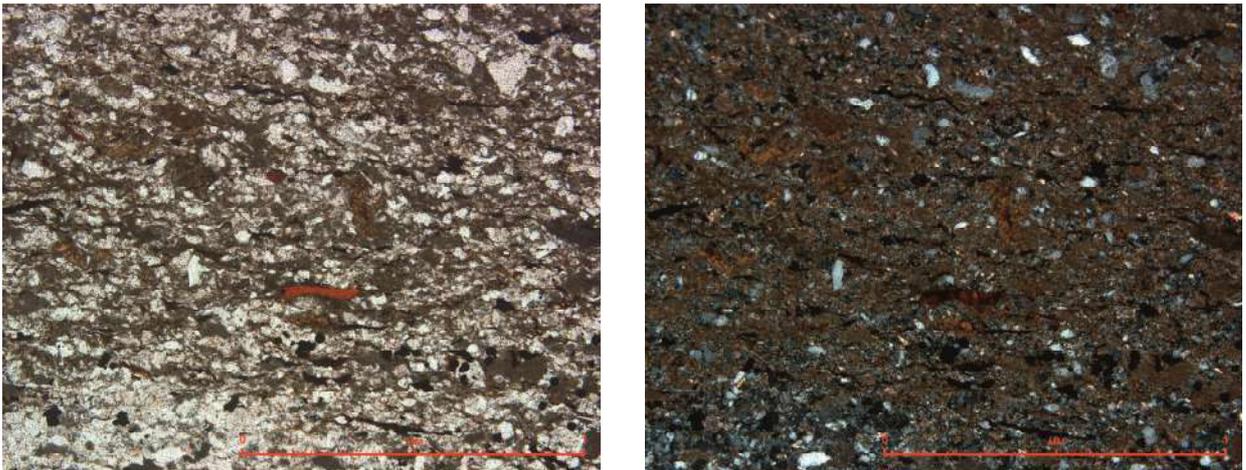


Рисунок 3.12 - Алевролит глинистый послойно сидеритизированный; текстура микрослоистая (Казанская-14, гл. 2559,76 м). *Николи II и X*

***Известняк среднезернистый*** сложен зёрнами кальцита (состав подтвержден результатами электронно-микроскопического исследования) (Рисунки 3.13-3.14) с плотной упаковкой, которые имеют зернистую и шестоватую реже лучистую форму, и перламутровые цвета интерференции. Размер обломков 0,1...0,25 мм, однородный. В качестве примеси в породе присутствуют терригенные обломки кварца и микрокварцитов, тонкой размерности. Отмечаются трещины разноориентированные, ветвящиеся, выполненные тоже кальцитом, здесь четко в зёрнах кальцита прослеживается двойникование и размер зёрен до 0,5 мм. Толщина

трещин варьирует в пределах 0,04...0,5 мм. Также отмечаются открытые волосовидные трещинки и выполненные органическим веществом буровато-коричневого цвета, толщина не более 0,02 мм. Пирит в породе присутствует в виде глобулей и тонкой сыпи.

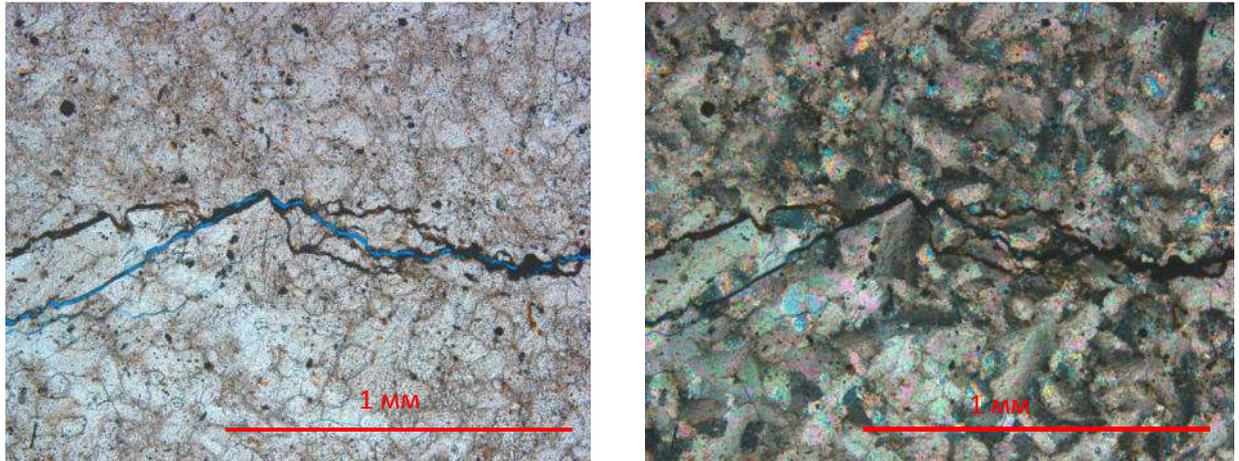


Рисунок 3.13 - Известняк среднезернистый с плотной упаковкой кристаллов кальцита (Казанская-15, гл. 2435,08 м). *Николи II и X*

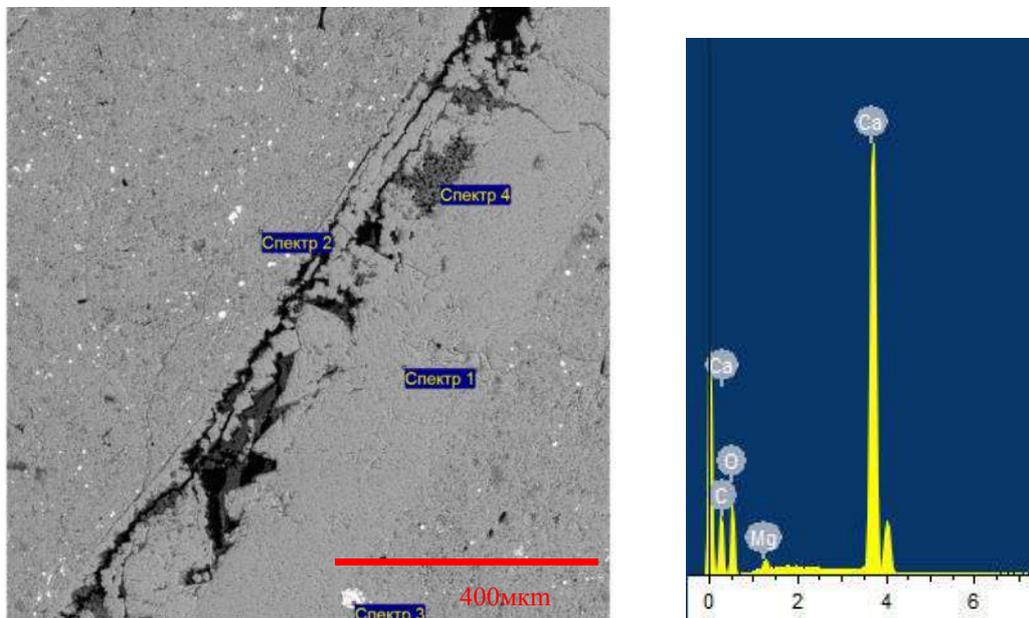


Рисунок 3.14 - Снимок отполированной поверхности шлифа, выполненный на растровом электронном микроскопе в режиме отраженных электронов, и результаты изучения элементного состава образца, выполненные с помощью микрозонда) 15 скважины Казанского нефтегазоконденсатного месторождения, (точка изучения элементного состава – спектр 1).

Зерна кальцита с плотной упаковкой (интервал 2430,00-2436,70 м)

**Ракушняковый известняк** представляет собой скопления обломков раковин моллюсков, сцементированных мелкозернистым кальцитом (Рисунки 3.15-3.16). Размер обломков варьирует в пределах 0,15...3 мм по удлинению, форма копьевидная, шестоватая, крючкообразная. Обломки ориентированы субпараллельно друг другу, сложены тонкозернистым кальцитом. Пирит в виде глобулей до 0,05 мм в диаметре, до 2 % от объема породы. Отмечаются редкие терригенные обломки кварца и микрокварцитов мелкой размерности.

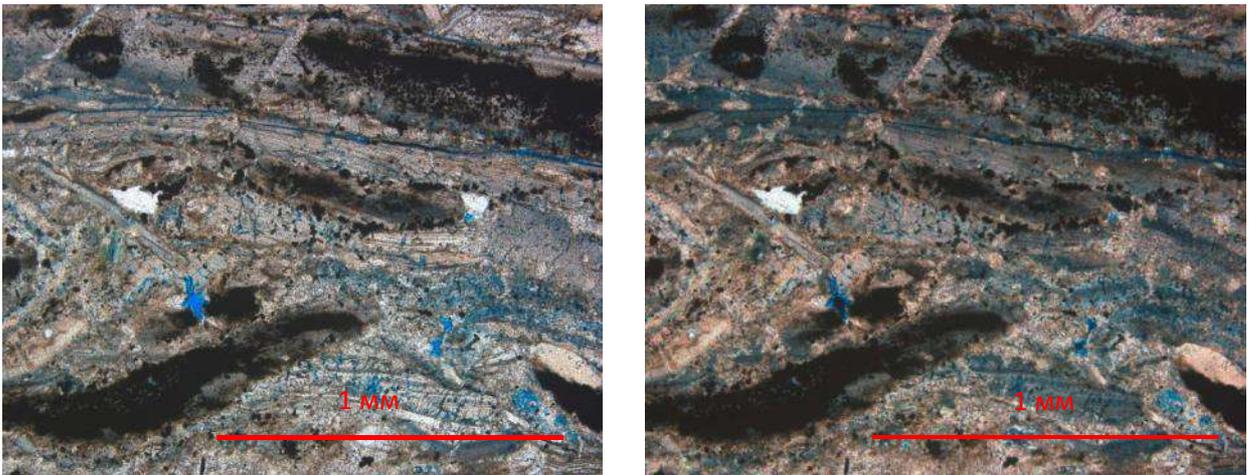


Рисунок 3.15 - Ракушняковый известняк, сцементированный мелкозернистым кальцитом (Казанская-15, гл. 2436,29 м). *Николи II и X*

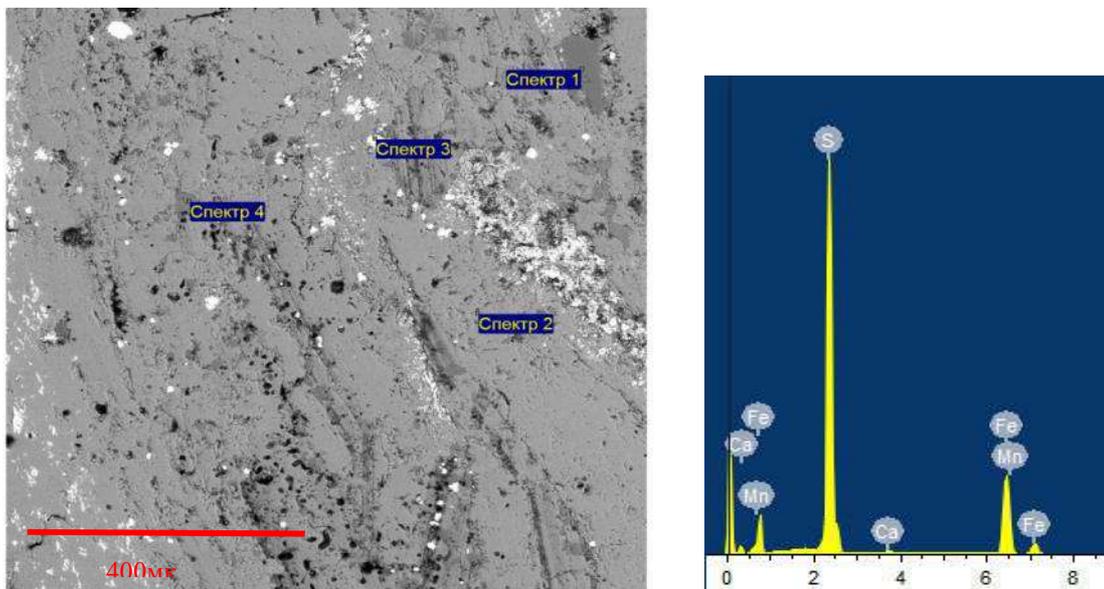


Рисунок 3.16 - Снимок отполированной поверхности шлифа, выполненный на растровом электронном микроскопе в режиме отраженных электронов, и результаты изучения элементного состава образца, выполненные с помощью микрозонда) 15 скважины Казанского нефтегазоконденсатного месторождения, (точка изучения элементного состава – спектр 3).

Пирит в виде глобулей в ракушняковом известняке (интервал 2430,00-2436,70 м)

Изучаемые **песчаники** пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> имеют явные различия между собой (Габова, 2016). По гранулометрическому составу отложения **пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>** представлены песчаниками от мелкозернистых до мелко-среднезернистых, реже крупно-среднезернистыми. Сортировка в большинстве случаев хорошая и очень хорошая, реже встречается средняя. Обломки от угловатых до полуокатанных. Микротекстура пород преимущественно однородная.

По минеральному составу песчаники **пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>** относятся к мезомиктовым кварцевым, реже к полевошпатово-кварцевым по классификации Шутова В.Д (Рисунки 3.17-3.19). Содержание породообразующих минералов составляет 61...84 % от общего объема породы.



Рисунок 3.17 - Классификационная диаграмма В.Д. Шутова с фигуративными точками составов песчаников для пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>. Поля на диаграмме: I – песчаники мономиктовые кварцевые, II – кремнекласитокварцевые, III – полевошпат-кварцевые, IV – мезомиктовые кварцевые, V – собственно аркозовые; VI – граувакковые аркозы; VII – граувакки кварцевые, VIII – полевошпат-кварцевые граувакки, IX – собственно граувакки; X – граувакки кварц-полевошпатовые, XI – полевошпатовые; XII – песчаники не терригенного происхождения

Кварц встречается в виде обломков разнообразной формы, которые редко корродированы в слабой и средней степени, регенерация выражена в виде чётких прерывистых каёмочек и частичного восстановления кристаллографических граней и проявлена в степени от слабой до сильной.

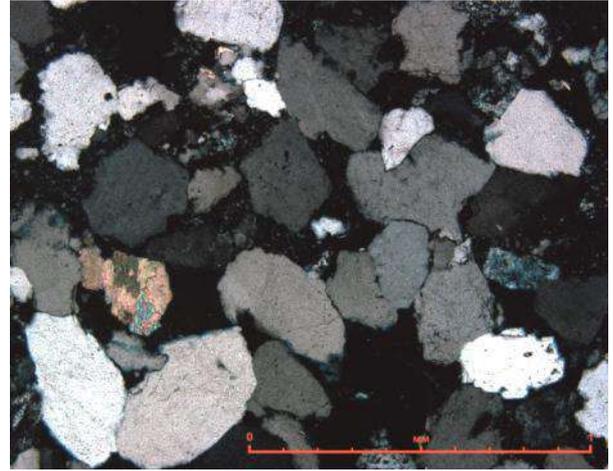
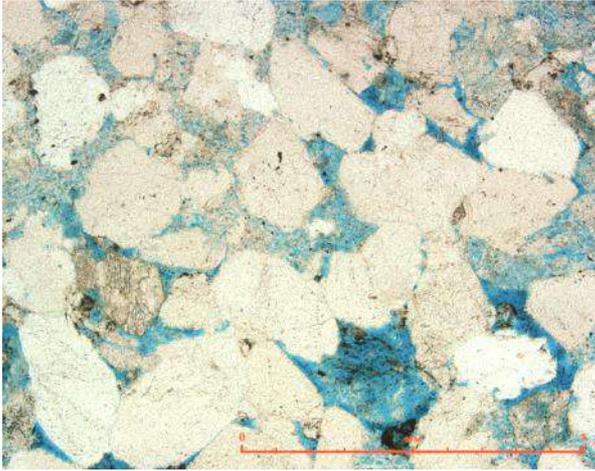


Рисунок 3.18 - Песчаник мезомиктовый кварцевый мелко-среднезернистый с поровым каолинитовым и поровым кальцитовым цементом; текстура однородная (Казанская-663, гл. 2634,59 м). *Николи II и X*

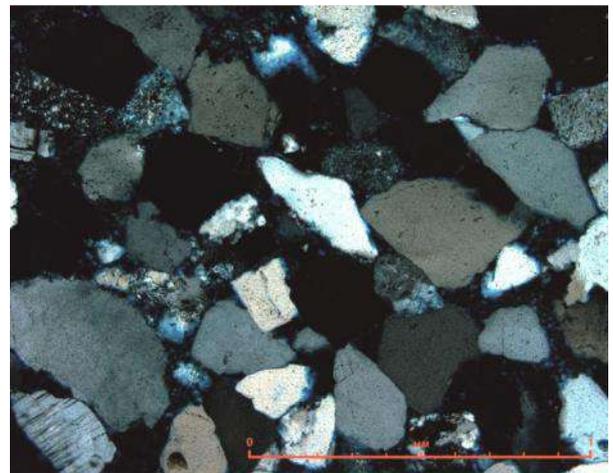
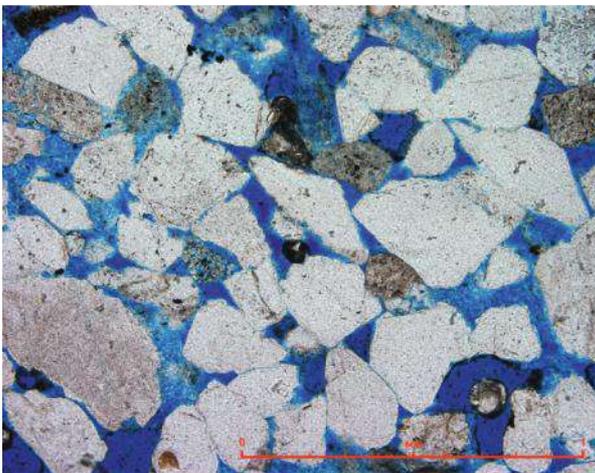


Рисунок 3.19 - Песчаник полевошпатово-кварцевый мелко-среднезернистый с поровым каолинитовым цементом; текстура однородная (Казанская-17, гл. 2493,84 м). *Николи II и X*

Полевые шпаты представлены калиевыми полевыми шпатами (КПШ) и плагиоклазами (среднего и кислого состава), которые в основном слабо пелитизированы, в единичных зернах более интенсивно, серицитизированы и растворены в степени от слабой до сильной. Среди обломков пород отмечены кремнистые,

слюдистые, кремнисто-слюдистые породы, эффузивы различного состава, гранитоиды, глинистые и слюдисто-глинистые породы, мирмекиты, микропегматиты, пертиты, единичные зерна хлоритов.

Содержание слюд (биотита и мусковита) составляет 0,1...1,6 %. Породы уплотнены в степени от слабой до средней. Среди межзерновых контактов чаще всего преобладают изолированные и точечные, реже линейные, конформные и инкорпорационные находятся в подчиненном значении.

Из *акцессорных* минералов в породах встречаются эпидот, циркон, сфен, роговая обманка, апатит, клиноцоизит. *Аутигенные* минералы представлены пиритом (от единичных зерен до 1,5 %), лейкоксеном – в виде редких пленок и до 0,3 %, единичными хорошо окатанными зернами глауконита (до 0,8 %). Пирит встречается в виде глобулей и их сростков, тонкозернистых скоплений, а также в виде мелкой сыпи, кристаллических агрегатов кубической формы, иногда в ассоциации с органическим веществом.

*Цемент* в породах распределен неравномерно, по составу глинистый и карбонатный. Поровый глинистый цемент представлен каолинитом, пленочно-поровый – гидрослюдой и хлоритом, что подтверждает рентгенофазовый анализ глинистой фракции (Таблица 3.1). Кальцитовый цемент порового типа встречается редко (пойкилитовый, базальный).

Отмечается коррозия и частичное замещение обломочных зерен кальцитом. Сидерит пелитоморфный и тонкозернистый распределен в песчанике неравномерно. Присутствует чаще всего в виде обособлений (сгустков) удлиненной и сложной формы, размером превышающим размер обломочных зерен, участками занимает межзерновое пространство.

*Органическое вещество* представлено буровато-красными полупрозрачными и темно-бурыми прожилками; бесформенными, удлиненными включениями, неоднородными скоплениями причудливой формы иногда в ассоциации с пиритом. Кроме того, в шлифах присутствует бурое и буровато-желтое нефтяное вещество, которое пропитывает глинистый цемент, слюды или слюдо - и глиноподобные агрегаты и частично обломки, образует пленки и примазки в порах. Редко

встречается растительный детрит - включения размером до 0,25 мм удлинённой и изометричной формы с сетчатой структурой, буровато-черного цвета в ассоциации с пиритом.

Таблица 3.1 - Вещественный состав глинистой составляющей отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> по результатам рентгенофазового анализа (Комплексные..., 2009)

№ обр.	Пласт	Глубина, м	Глинистые минералы, %			
			Каолинит	Хлорит	Гидрослюда	Σ%
1	Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2562,59	79	9	12	100
2		2564,66	77	10	13	100
3		2566,81	80	9	11	100
среднее			<b>79</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	

*Пористость*, определенная по шлифам, составляет 8,3...22,9 %. Межзерновые сообщающиеся, полуизолированные и изолированные поры изометричной, треугольной, угловатой, щелевидной, заливообразной и сложной формы размером 0,01...0,50 мм, в редких случаях до 0,7...1,0 мм. Отмечаются многочисленные межагрегатные микропоры в каолиновом цементе, внутризерновые поры растворения полевых шпатов (ПШ) и обломков пород. Пустотное пространство нередко распределено неравномерно. Встречаются кальцитизированные обломки раковин двустворок размером до 0,42 мм в поперечнике и более 1 мм по удлинению (Габова, 2016).

Структура песчаных отложений *пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>* в основном мелкозернистая, редко встречается средне-мелкозернистая, единично разнозернистая. Сортировка зерен хорошая, реже средняя, в единичных случаях – плохая и очень хорошая. По составу песчаники *пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>* относятся к полевошпатово-кварцевым граувакам по классификации Шутова В.Д., реже к мезомиктовым кварцевым и грауваковым аркозовым песчаникам (Рисунки 3.20-3.22). Микротекстуры пород преимущественно микрослойчатые, ориентированные, реже однородные. Микрослойчатые и ориентированные текстуры обусловлены субпараллельной ориентировкой удлинённых зерен, чешуек слюды, обособлениями тонкозернистого и пе-

литоморфного сидерита, который часто концентрируется в слабо выраженных слойках, иногда прожилками органического вещества и слойками растительного детрита.

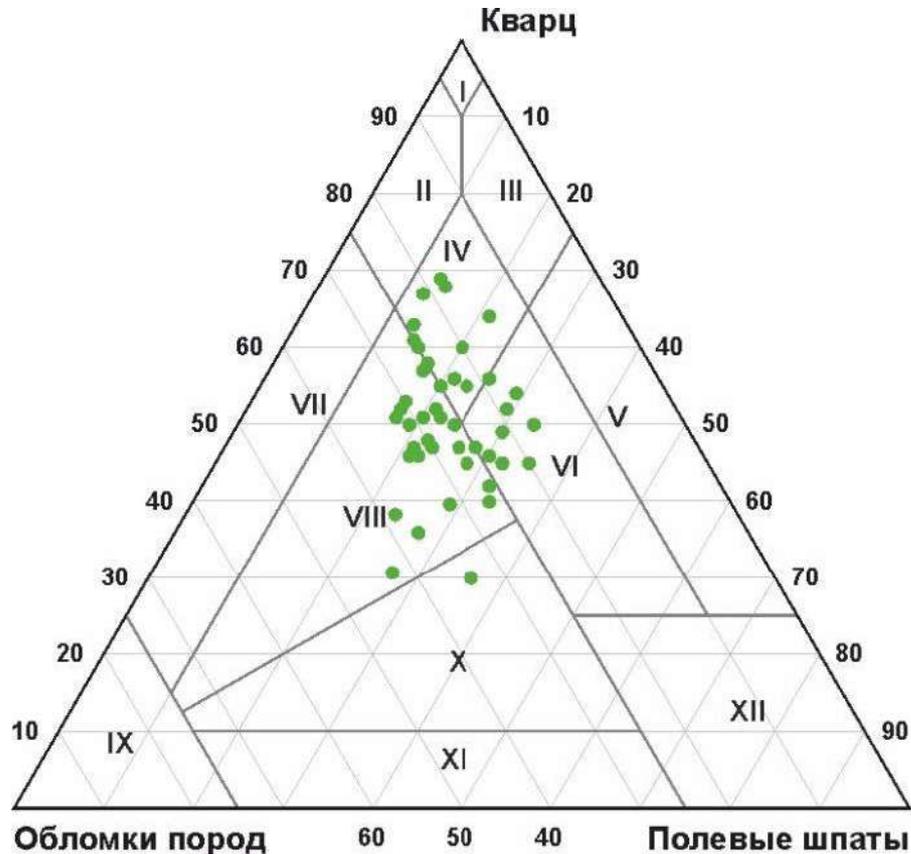


Рисунок 3.20 Классификационная диаграмма В.Д. Шутова с фигуративными точками составов песчаников для пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>. Поля на диаграмме: I – песчаники мономиктовые кварцевые, II – кремнекласитокварцевые, III – полевошпат-кварцевые, IV – мезомиктовые кварцевые, V – собственно аркозовые; VI – граувакковые аркозы; VII – граувакки кварцевые, VIII – полевошпат-кварцевые граувакки, IX – собственно граувакки; X – граувакки кварц-полевошпатовые, XI – полевошпатовые; XII – песчаники не терригенного происхождения

Количество пороодообразующих минералов составляет 72,0...91,0% от площади шлифа. Зерна кварца имеют волнистое и прямое погасание, регенерация проявлена в степени от слабой до средней: в виде частичного восстановления кристаллографических граней и чётких прерывистых каёмки. Полевые шпаты представлены плагиоклазами (преобладают средние и кислые) и КПШ. Для них характерны следующие вторичные преобразования: серицитизация, пелитизация

и растворение, проявленные в слабой и средней степени. Единично отмечается регенерация полевых шпатов. Среди обломков пород отмечены слюдистые и кремнисто-слюдистые (нередко с нечеткими ограничениями) породы, кремнистые, эффузивы, глинистые, мirmekиты, единичные микропегматиты и зерна хлоритов.

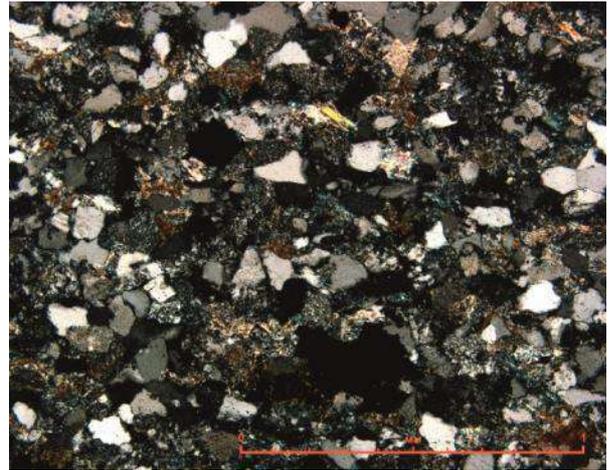
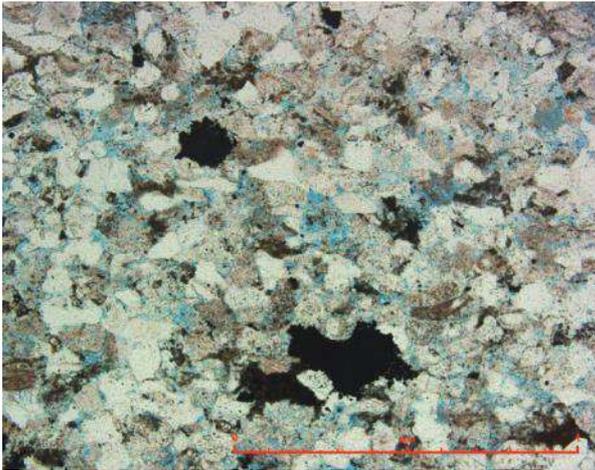


Рисунок 3.21 - Песчаник полевошпатово-кварцевый граувакковый мелкозернистый с поровым каолиновым, порово-пленочным гидрослюдистым, пленочным хлоритовым и пленочно-поровым сидеритовым цементом; текстура ориентированная (Казанское-122, гл. 2519,09 м). *Николи II и X*

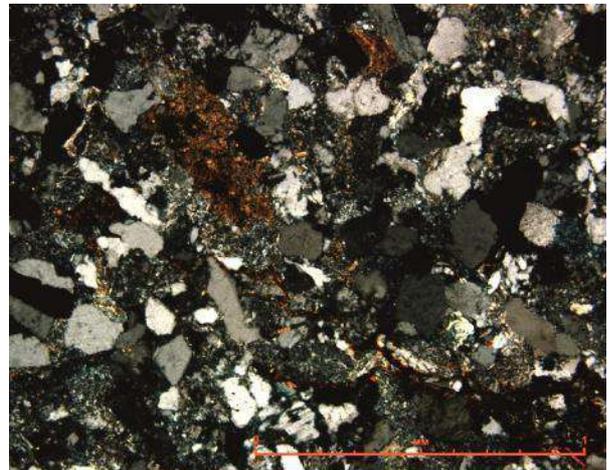
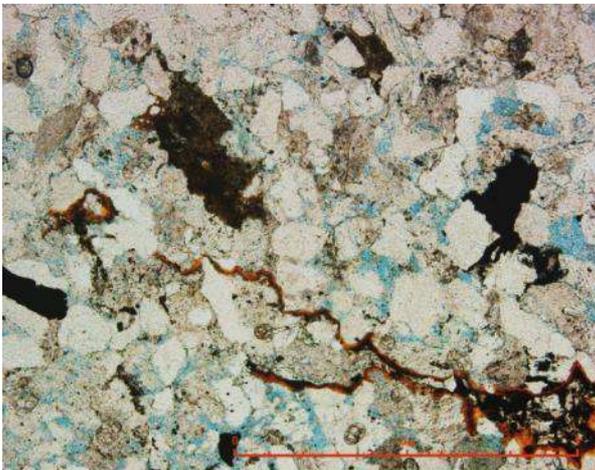


Рисунок 3.22 - Песчаник мезомиктовый кварцевый мелкозернистый с пленочно-поровым гидрослюдистым и поровым сидеритовым цементом; текстура неоднородная (Казанское-183, гл. 2586,34 м). *Николи II и X*

Мусковит присутствует в количестве 0,1...1,2 %, биотит – 0,2...0,6 %. Породы уплотнены в степени от средней до сильной. Среди межзерновых контактов чаще встречаются изолированные, точечные и линейные, чуть реже конформные,

инкорпорационные – в единичных случаях. Из акцессорных минералов отмечены сфен, циркон, клиноцоизит, апатит, ильменит, турмалин, магнетит, хромит, ильменит, а также титанистые минералы. Из аутигенных минералов присутствуют пирит в количестве до 5,2 % в виде кристаллических агрегатов, часто кубической формы, плотных бесформенных и удлинённых включений, рассеянных глобулей и их небольших сростков, а также в виде сыпи, часто развит по включениям растительного детрита. Глауконит отмечается редко в виде единичных полуокатанных зерен. Лейкоксен образует редкие пленки вокруг зерен, и встречается в количестве до 0,3 %.

*Цемент* в породах полиминеральный распределен неравномерно. Главными составляющими цемента являются вторичные минералы, которые представлены в основном каолинитом (поровый тип распределения) и гидрослюдой (пленочно-поровый тип распределения) (Таблица 3.2), реже кальцитом, сидеритом и хлоритом. Сидерит тонкозернистый, пелитоморфный, часто развит по обломкам, в цементе, кроме того присутствуют обособления размером до 0,4 мм в длину.

Таблица 3.2 - Вещественный состав глинистой составляющей отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> по результатам рентгенофазового анализа (Комплексные..., 2010)

№ обр.	Пласт	Глубина, м	Глинистые минералы, %			
			Каолинит	Хлорит	Гидрослюда	Σ%
1	Ю <sub>1</sub> <sup>2</sup>	2578,32	52	12	36	100
2		2583,09	64	10	26	100
3		2584,82	61	10	29	100
4		2586,62	55	12	33	100
среднее				<b>58</b>	<b>11</b>	<b>31</b>

*Органическое вещество* встречается в виде красновато-бурых и темно-бурых прожилков причудливой формы и неоднородных скоплений, просвечивает по краям, участками пиритизированное, частично пропитывает и пигментирует гидрослюдистый цемент и обломки, образует пленки и примазки в порах. Редко встречается растительный детрит - крупные (до размера 2,5×3 мм) включения удлинённой и изометричной формы с ячеистой структурой, в слоях толщиной

2...3 мм, черного, красно-черного, желтоватого цвета, в ассоциации с пиритом и гидрослюдой в количестве до 10 %.

*Пористость* образована межзерновыми сообщающимися порами щелевидной, угловатой и сложной формы, изолированными и полуизолированными размером 0,02...0,25 мм, редко до 0,35 мм. Отмечаются микропоры в глинистом цементе, внутризерновые поры растворения ПШ и обломков. Пустотное пространство часто распределено неравномерно.

Участками отмечается несколько зубчато-бугорчатых стилолитовых образований с небольшой амплитудой, выполненных глинистым материалом и ОВ, единично в ассоциации с растительным детритом (Габова, 2016).

### 3.1.2. Барабинская пачка

Барабинская пачка (*пласт Ю<sub>1</sub><sup>0</sup>*), вскрытая в основании георгиевской свиты, также как и баженовская, является региональным репером и прослеживается во всех скважинах, вскрытых керном на территории месторождений Казанской группы. Породы барабинской пачки представляют собой в литологическом плане песчаники мелко-тонкозернистые, глинистые, серого цвета пятнисто окрашенные, интенсивно биотурбированные крепкие.

Пятнистая окраска, как правило, обусловлена многочисленными следами биотурбации, неравномерно распределенными конкрециями фосфоритов, а также глинистой примесью (тёмно-серый оттенок) и рассеянными зёрнами глауконита (тёмно-зелёный оттенок). В песчанике отмечаются горизонтальные и вертикальные ходы роющих организмов, округлые конкреции бурых фосфоритов размером от 1 до 5 см, единичные обломки раковин двустворок выполненные кальцитом, ростры белемнитов, а также глобулы и скопления пирита неправильной формы размером до 7 см. Верх по разрезу содержание глинистой и глауконитовой примеси незначительно увеличивается, в то время как содержание фосфоритового це-

мента уменьшается. Породы барабинской пачки разбиты мелкими трещинами, залеченными пиритом и кальцитом.

*Песчаники* по составу аркозовые и мезомиктовые кварцевые с поровым каолиновым, сидеритовым и фосфатным, пленочно-поровым гидрослюдистым и базальным кальцитовым цементом. Гранулометрический состав неоднороден. Количество обломочного материала составляет 63-76%. Размер обломочных зерен колеблется в пределах 0,05...1,00 мм, с преобладанием фракции размерностью 0,25...0,10 мм. Средневзвешенный диаметр зерен 0,18...0,24 мм. Сортированность составляет 1,41, что интерпретируется как средняя и 1,26...1,38 – очень хорошая. Текстура неоднородная, пятнистая (обусловлена неравномерным распределением крупных пиритовых скоплений). Окатанность 1,5...3,0. Породообразующие минералы: кварц – 62...73%, полевые шпаты – 15...25% (из них КПШ – 81...87%; плагиоклазы – 13...19%) и обломки пород – 7...15%. Мусковит встречается в виде единичных чешуек. Обломки пород представлены микрокварцитами, средними и кислыми эффузивами, кремнистыми породами. Отмечаются единичные микропоры в растворенных зернах КПШ, а также микропоры в каолиновом цементе. Полуизолированные и изолированные поры сложной, угловатой и щелевидной формы, практически равномерно распределенные, максимального размера 0,25 мм.

Из аутигенных минералов встречаются глауконит, лейкоксен и пирит. Глауконит в виде округлых зерен до 6% (Рисунок 3.23). Отмечается повышенное содержание пирита (до 10%). Пирит встречается в виде тонкозернистых скоплений неправильной и округлой формы, размером до 5 мм. Лейкоксен в виде буроватых скоплений в межзерновом пространстве до 3%.

Наличие органики: небольшое количество включений буровато-красного цвета неправильной формы в ассоциации с пиритом.

Уплотнение развито в слабой степени. Контакты зерен линейные, реже точечные. Слабо развито растворение и пелитизация ПШ, в средней степени – коррозия обломков. В средней степени развит кварцевый регенерационный цемент, каемки до 0,05 мм толщиной.

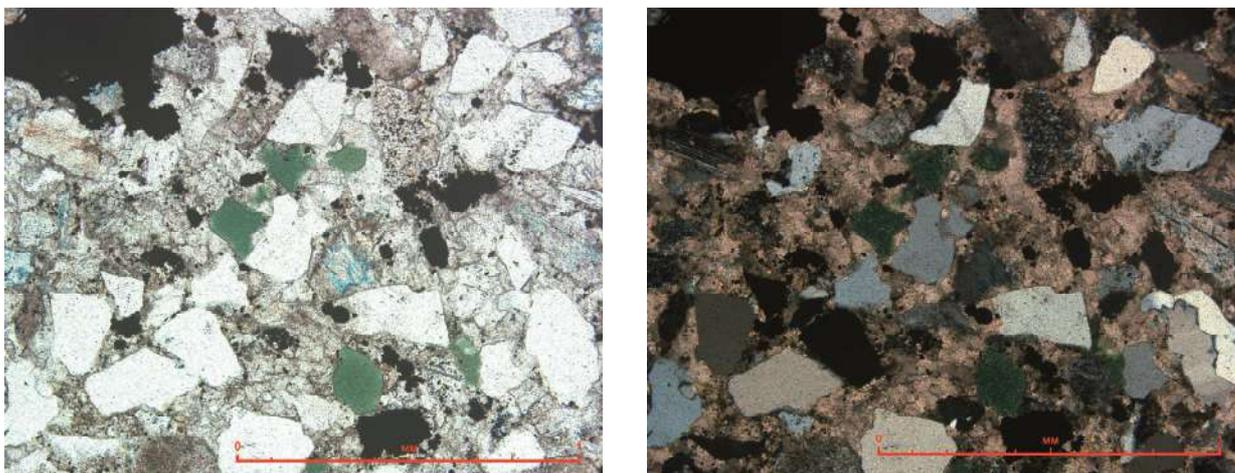


Рисунок 3.23 - Песчаник мезомиктовый кварцевый мелкозернистый с базальным кальцитовым (до 37%), пиритовым (до 8%) и фосфатным цементом, с глауконитом (до 6%); текстура пятнистая (Казанская-16, гл. 2495,39 м). *Николи II и X*

Цемент поровый каолиновый до 5...20 % (распределен равномерно, состав подтвержден результатами электронно-микроскопического исследования, поровый сидеритовый до 2 % (распределение неравномерное, пелитоморфные комочки), пленочный гидрослюдистый до 1...2%, поровый и базальный кальцитовый до 25% (Рисунки 3.24- 3.25). Также встречаются фосфоритовые конкреции в количестве 20...50%.

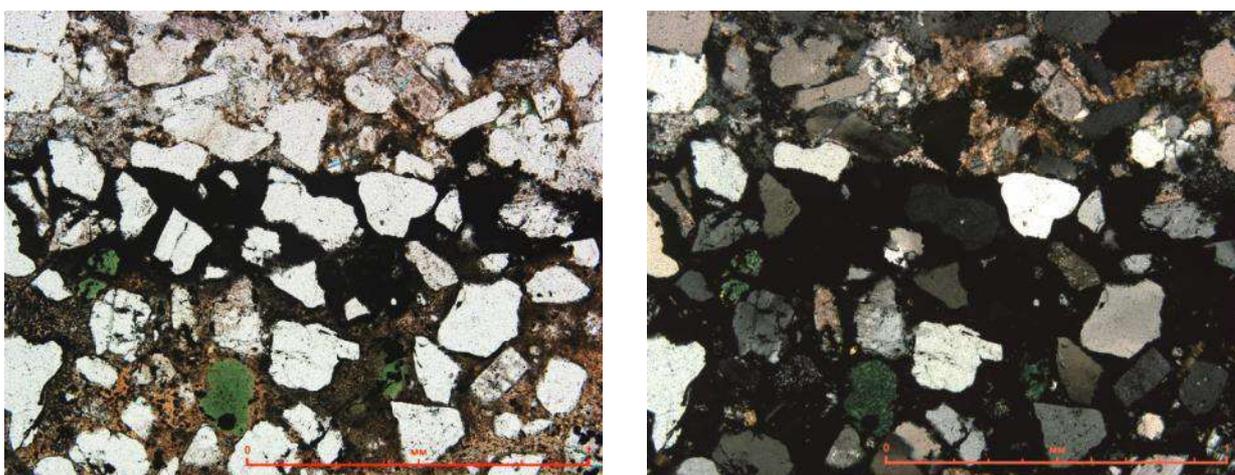


Рисунок 3.24 - Песчаник аркозовый мелкозернистый с фосфатно-кальцитовым (участками до 50%), пиритовым (до 10%) и глинисто-гидрослюдистым цементом, с глауконитом (до 3%); текстура неоднородная (Казанская-15, гл. 2434,02 м). *Николи II и X*

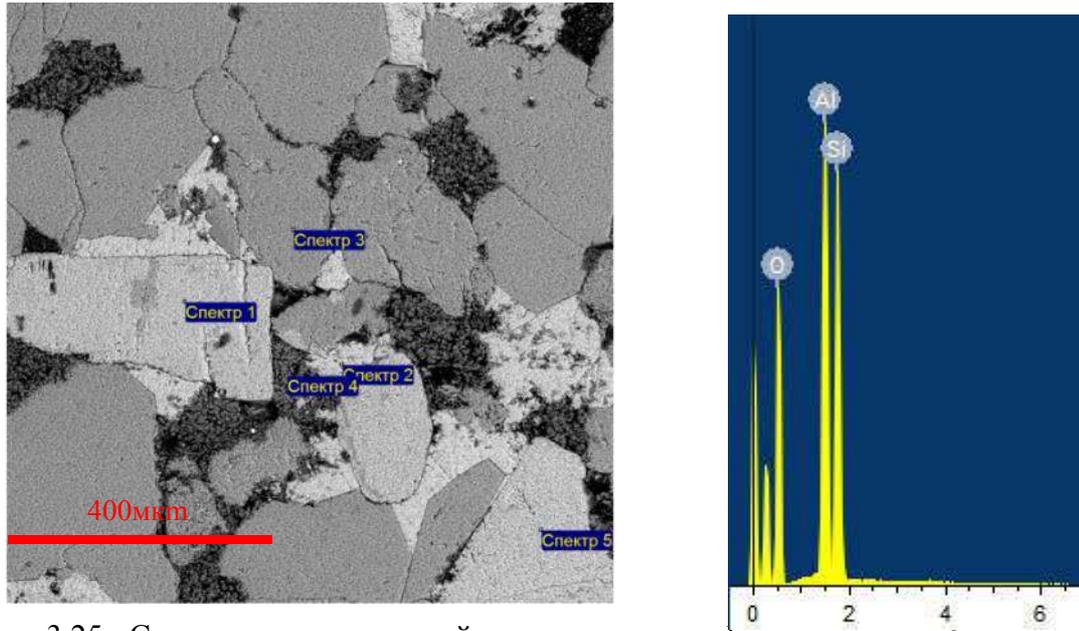


Рисунок 3.25 - Снимок отполированной поверхности шлифа, выполненный на растровом электронном микроскопе в режиме отраженных электронов, и результаты изучения элементного состава образца, выполненные с помощью микрозонда) 16 скважины Казанского нефтегазоконденсатного месторождения, (точка изучения элементного состава – спектр 4).  
Поровый каолиновый цемент (интервал 2493,00-2496,20 м)

### 3.1.3. Баженовская свита

Баженовская свита представляет собой региональный репер всего Западно-Сибирского региона, и вскрыта на территории исследования практически всеми скважинами. В литологическом плане она представлена аргиллитами гидрослюдисто-каолиновыми и алевритистыми, содержащими примесь обломочного материала, представленного зернами кварца, полевых шпатов и обломков пород.

*Аргиллиты* темно-серого цвета с буроватым оттенком битуминозные плитчатые, с однородной текстурой, массивные, с многочисленными рассеянными глобулями пирита, размером в первые миллиметры. На сколах отмечаются хитиновые крючки с рук головоногих моллюсков *Onychites*, выполненные черным фосфатным веществом, а единичные ростры белемнитов, сложенные кальцитом. По данным микропалеонтологического анализа, в баженовской свите разнообразно представлен микропланктон.

При микроскопическом изучении аргиллитов баженовской свиты выяснено, что основная масса породы сложена глинисто-гидрослюдистым материалом (50...55%), пропитанным органическим (битуминозным) веществом и имеющим за счёт этого красно-бурый цвет, и терригенной примесью (20...25%) алевритовой размерности, представленной обломками кварца, полевых шпатов, обломками пород и чешуйками слюды (Рисунки 3.26-3.29). Распределение терригенной примеси неравномерное. Структура пород весьма неоднородная от пелитовой до алевропелитовой.

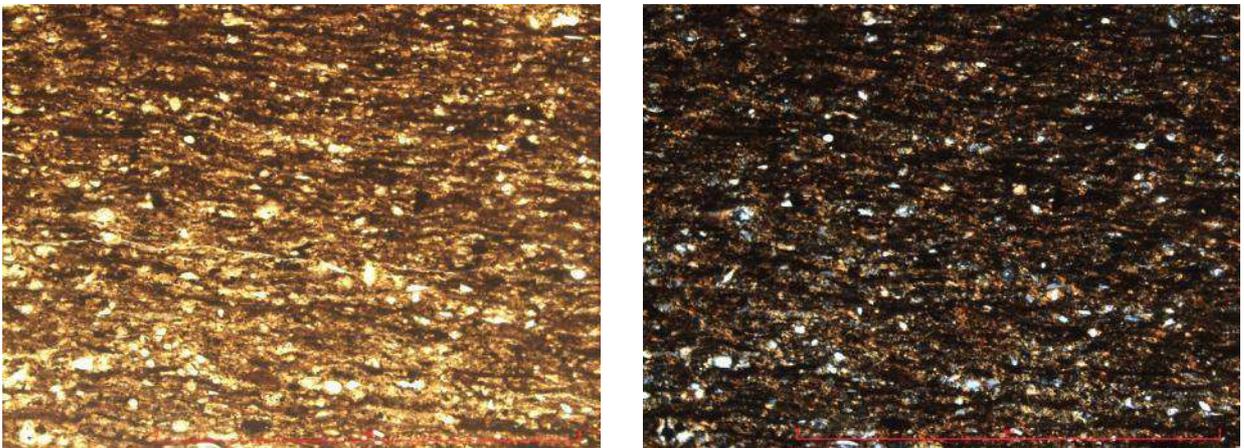


Рисунок 3.26 - Аргиллит алевритистый, гидрослюдистый с обильной примесью гумусового и растительного вещества; текстура микрослоистая (Казанская-2, гл. 2446,80 м). *Николи II и X*

Текстура микрослоистая, благодаря ориентированному распределению глинисто-гидрослюдистого и обломочного материала, и пятнистая, за счёт примеси материала более темного и более светлого оттенка, отличающегося по составу (Рисунки 3.26-3.29). Более светлые участки представлены алевритовой примесью. Реже встречается однородная текстура.

Аутигенные минералы представлены кальцитом и пиритом. Кальцитизация 5...7%, зёрна кальцита изометричной формы размером 0,01...0,07 мм рассеяны относительно равномерно по всей массе породы.

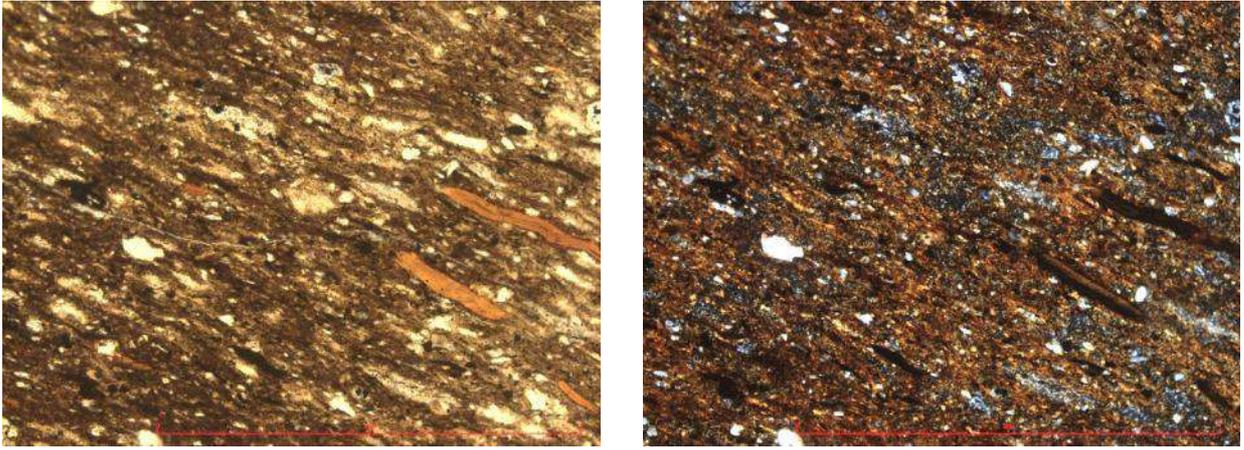


Рисунок 3.27 - Аргиллит алевритистый, каолинит-гидрослюдистый, пиритизированный, битуминозный; текстура микрослоистая (Казанская-3, гл. 2434,95 м). *Николи II и X*

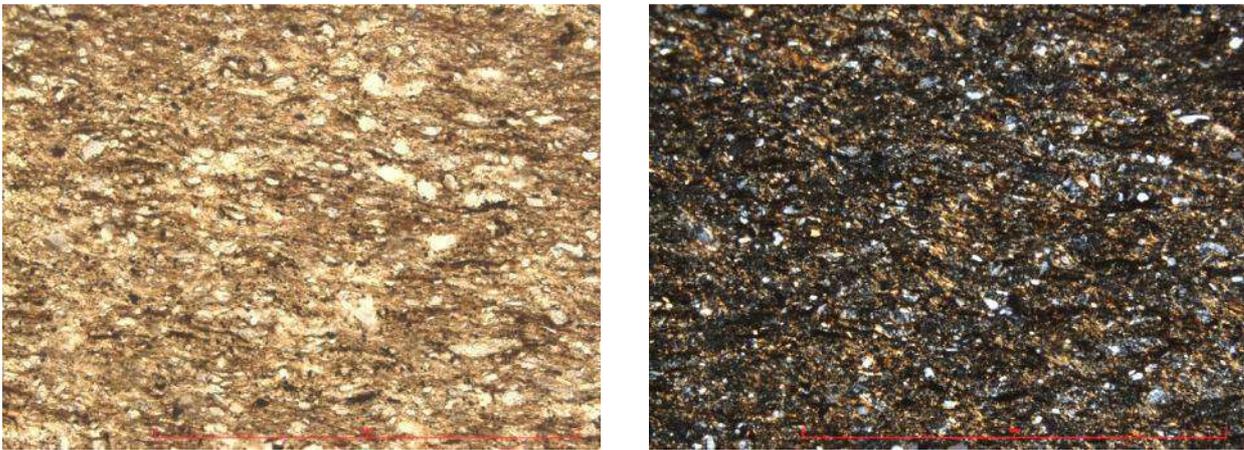


Рисунок 3.28 - Аргиллит алевритистый, монтмориллонит-гидрослюдистый, с примесью каолинита; текстура несовершенная микрослоистая (Казанская-4, гл. 2477,68 м).

*Николи II и X*

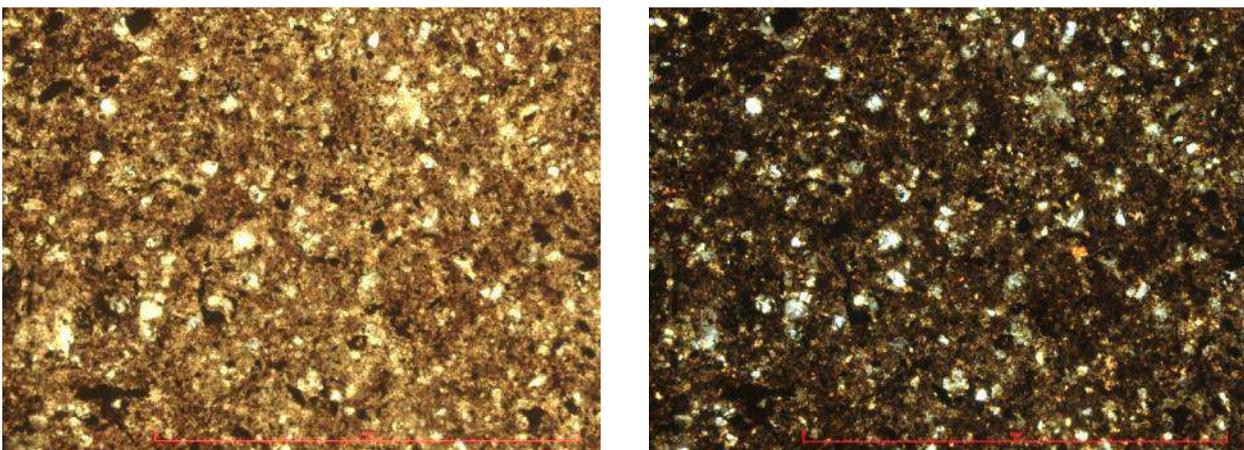


Рисунок 3.29 - Аргиллит алевритистый, гидрослюда-каолинитовый, пиритизированный; текстура пятнистая (Казанская-1, гл. 2396,32 м). *Николи II и X*

Пирит (до 35%) распределён равномерно, встречается в форме рассеянной мелкой сыпи, образует скопления, часто концентрируется в слойки, располагается послойно (слойки толщиной 0,4...1,0мм) (Рисунки 3.30-3.31). Среди акцессорных минералов встречаются циркон, титанистые минералы, магнетит.

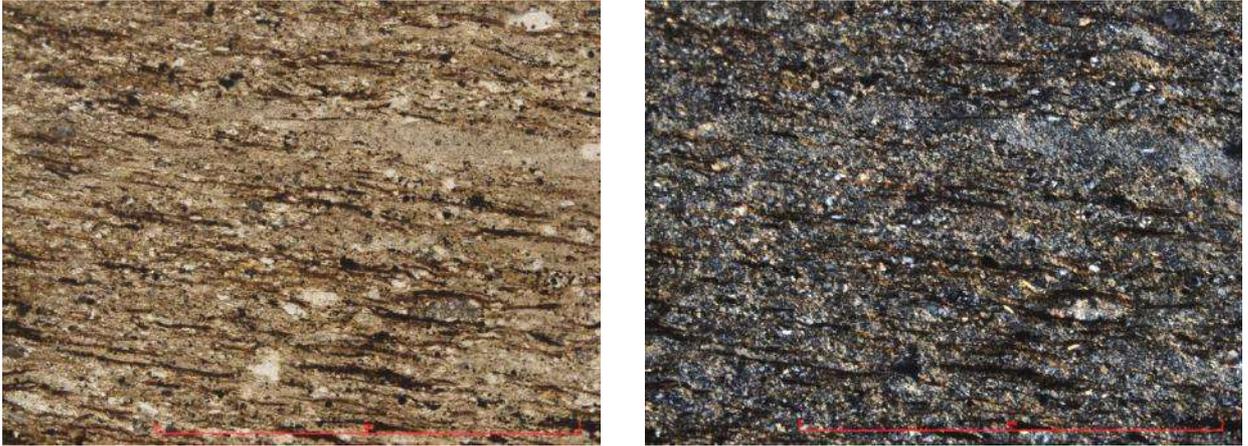


Рисунок 3.30 - Аргиллит алевритистый, монтмориллонит-гидролюдистый, пиритизированный; текстура несовершенная микрослоистая (Казанская-4, гл. 2464,45 м). *Николи II и X.*

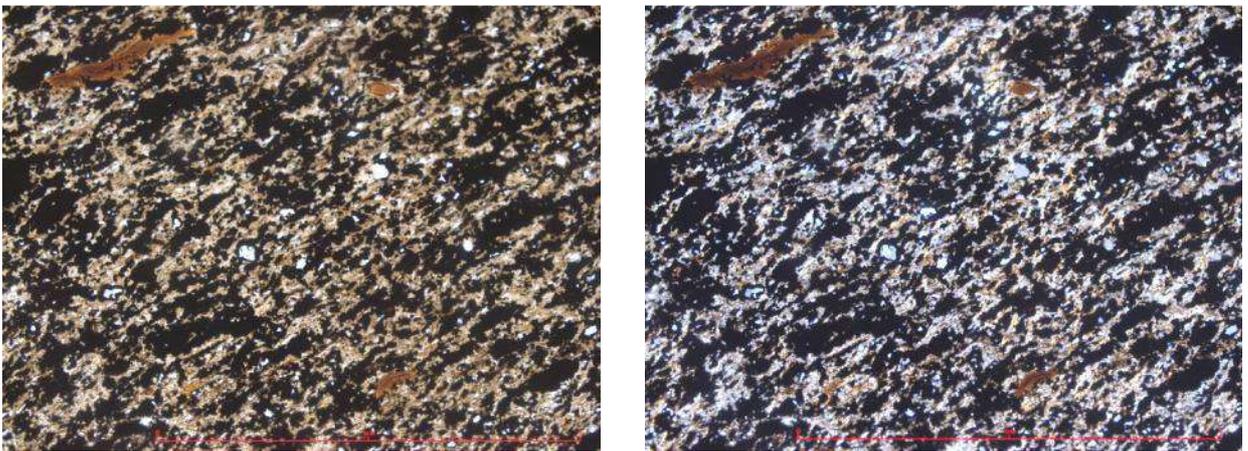


Рисунок 3.31 - Аргиллит гидролюдистый, пиритизированный; текстура несовершенная микрослоистая (Казанская-7, гл. 2446,05 м). *Николи II и X.*

Аргиллиты бажендовской свиты пропитаны органическим веществом, которое окрашивает цемент в желто-бурый до темно бурого, почти черного цвет. Органическое вещество встречается в рассеянной и концентрированной форме. Рас-

сеянное органическое вещество пигментирует породу в бурый цвет, концентрированное ОВ встречается в форме красно-бурых включений вытянутой формы.

В аргиллитах встречаются скопления растительного детрита (до 3%) в виде включений нитевидной, удлинённой и неправильной формы черного, красно-бурого цвета, который неравномерно распределен по площади шлифа (Рисунок 3.32). Отмечаются участки линзовидной (размером до  $0,20 \times 0,50$  мм) формы кальцитового состава, предположительно являющиеся обломками раковин (Рисунок 3.33).

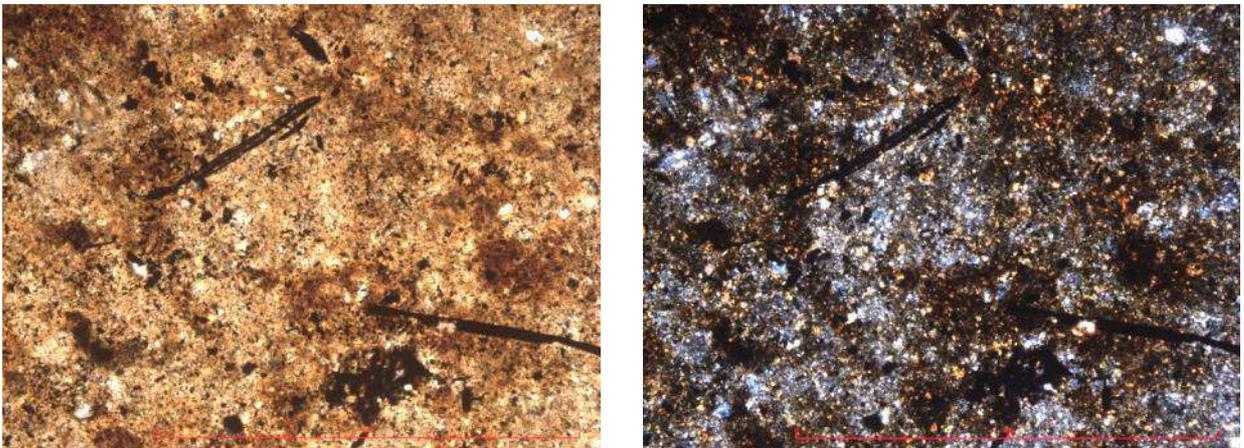


Рисунок 3.32 - Аргиллит гидрослюдисто-каолининовый со скоплениями растительного детрита, битуминозный; текстура пятнистая (Казанская-1, гл. 2378,67 м). *Николи II и X*.

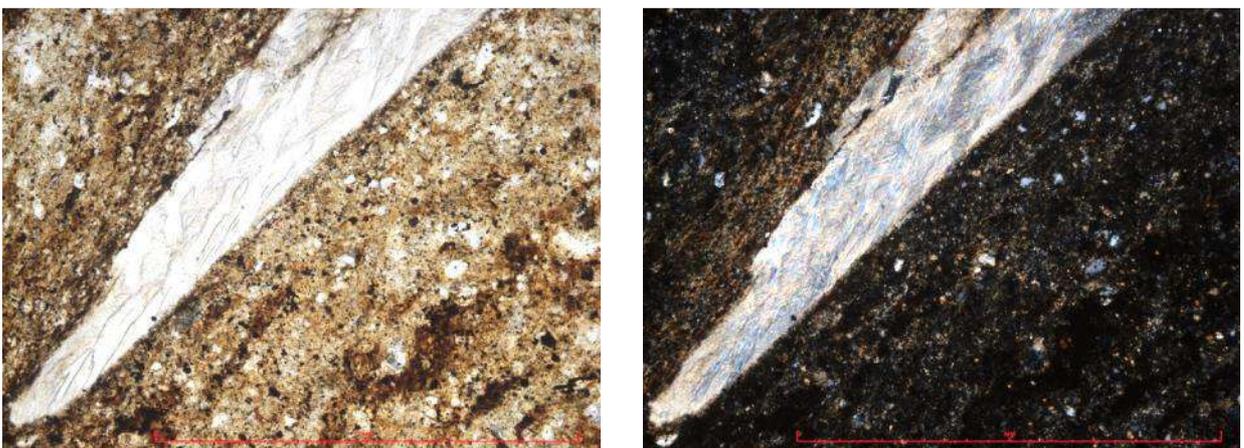


Рисунок 3.33 - Аргиллит гидрослюдисто-каолининовый, битуминозный с обломками раковин; текстура пятнистая (Казанская-1, гл. 2378,67 м). *Николи II и X*

### 3.2. Типизация разрезов

Литологическая типизация разреза была выполнена на основе рекомендаций ведущих исследователей (Алексеев, 2002; Белозеров, 1980, 1988, 1990, 2007; Ботвинкина, 1965, 1991; Гроссгейм, 1984; Ежова, 1989, 2005; Конторович, 1975, 2002; Маслов, 2003; Рединг, 1990; Рейнек, 1981; Селли, 1981; Чернова, 2009).

Отложения, слагающие основные продуктивные пласты горизонта Ю-I представлены чередованием алеврито-песчаных пород, аргиллитов, углей, известняков и ракушняка. Представленный состав отложений не выдержан по площади месторождения, однако по разрезу наблюдаются определенные тенденции. Автором был проведен анализ литологических характеристик продуктивных пластов, вследствие чего в надугольной толще выделено 6 основных типов разреза (Рисунки 3.34-3.39). Типы разрезов отражают характер распределения продуктивных пластов в пределах изучаемой территории. Все выделенные типы разрезов в общем можно охарактеризовать как трансгрессивные, которые берут начало в прибрежно-морских условиях, далее закономерно сменяются мелководно-морскими и далее глубоководно-морскими обстановками осадконакопления.

*Первый тип разреза* отмечается в северо-восточной части Казанской и на Западно-Сомовской площади. Для него характерна выдержанная мощность песчаников, слагающих основные продуктивные пласты, а также глинисто-карбонатных и глинисто-алеврито-углистых осадков (Рисунок 3.34). Для песчаников пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> характерно незначительное количество тонких глинистых прослоев и намывов, подчеркивающих слоистость. Продуктивная часть пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> характеризуется увеличением мощности отложений, зернистость песчаников увеличивается по направлению к кровле пласта.

*Второй тип* наблюдается в северной части исследуемой территории и отличается неоднородным строением и составом песчаного пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, где наблюдается присутствие не только глинистых прослоев, но также и прослоев ракушняка. Продуктивная часть пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> имеет увеличенную мощность на этом участке исследования, также как и в первом типе разреза (Рисунок 3.35).

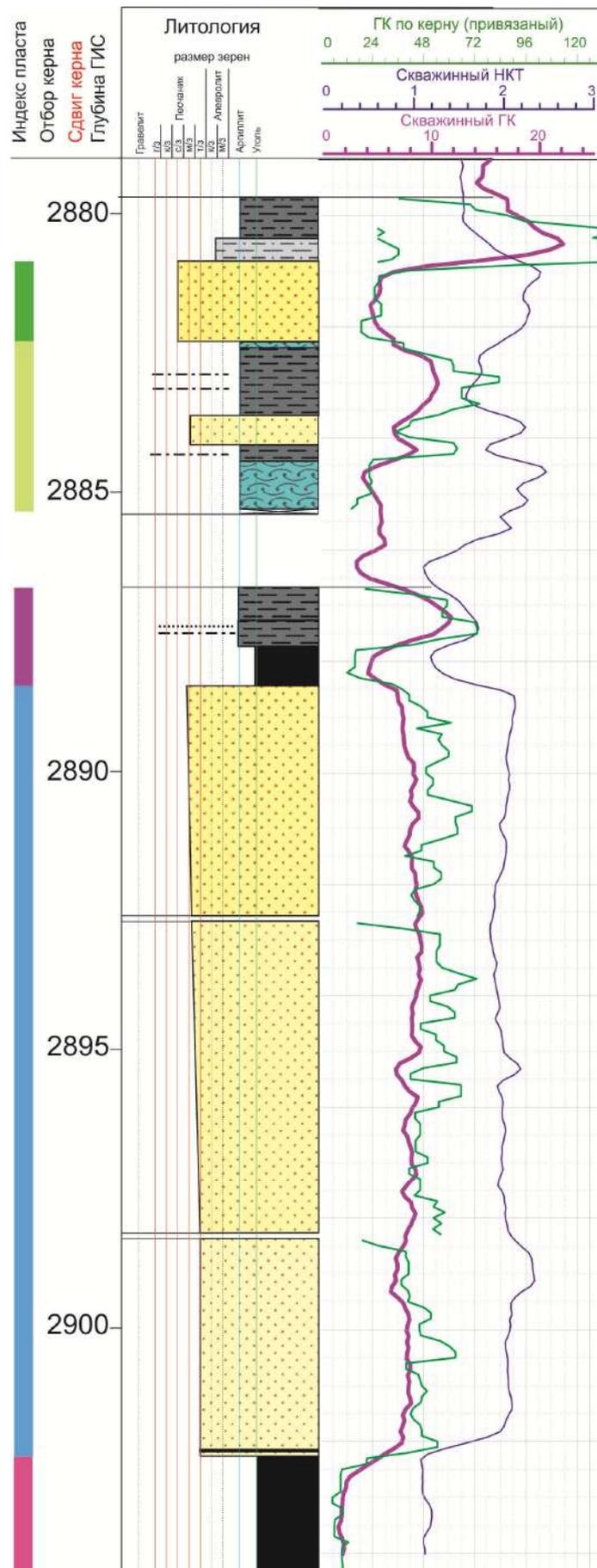


Рисунок 3.34 - Литологическая характеристика типа разреза №1 надугольной толщи (составила К.В. Габова, 2017)

*Третий тип разреза* отмечается в центральной и западной части территории исследования. Для него характерна увеличенная мощность продуктивной части пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> вероятно за счет увеличения темпа седиментации, которая незначительно сокращается по направлению к центральной части месторождения. Песчаники пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> более однородны и менее глинизированы чем на других участках. Мощность песчаника пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> незначительно сокращается по сравнению с первым и вторым типами разрезов, а толщина глинисто-карбонатной и углистой перемычки между продуктивными частями пластов увеличивается (Рисунок 3.36).

*Четвертый тип разреза* встречается на юго-западе территории и характеризуется малой мощностью песчаников и глинисто-карбонатных отложений верхнего оксфорда. Толщина песчаного слоя на данном участке территории не превышает 1 м. Также сокращается мощность песчаной части пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> (Рисунок 3.37).

*Пятый тип* представлен в южной части исследуемой территории и захватывает южную часть Казанского и Болтное месторождения. Для него характерно выклинивание продуктивных отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и значительное сокращение песчаников пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, в то время как мощность глинисто-углистых и глинисто-ракушняковых прослоев увеличивается (Рисунок 3.38).

И, наконец, *шестой тип* развит в восточном направлении, и характеризуется увеличенной мощностью песчано-глинисто-карбонатной перемычки до 10 м между песчаниками пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, за счет чего их мощность значительно сокращается (Рисунок 3.39). Также стоит отметить увеличенное количество глинистых прослоев, намывов, шлейфов и флазеров в песчаниках продуктивной части пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и развитие биотурбации, подчеркнутой глинистым материалом в песчаных осадках пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>.

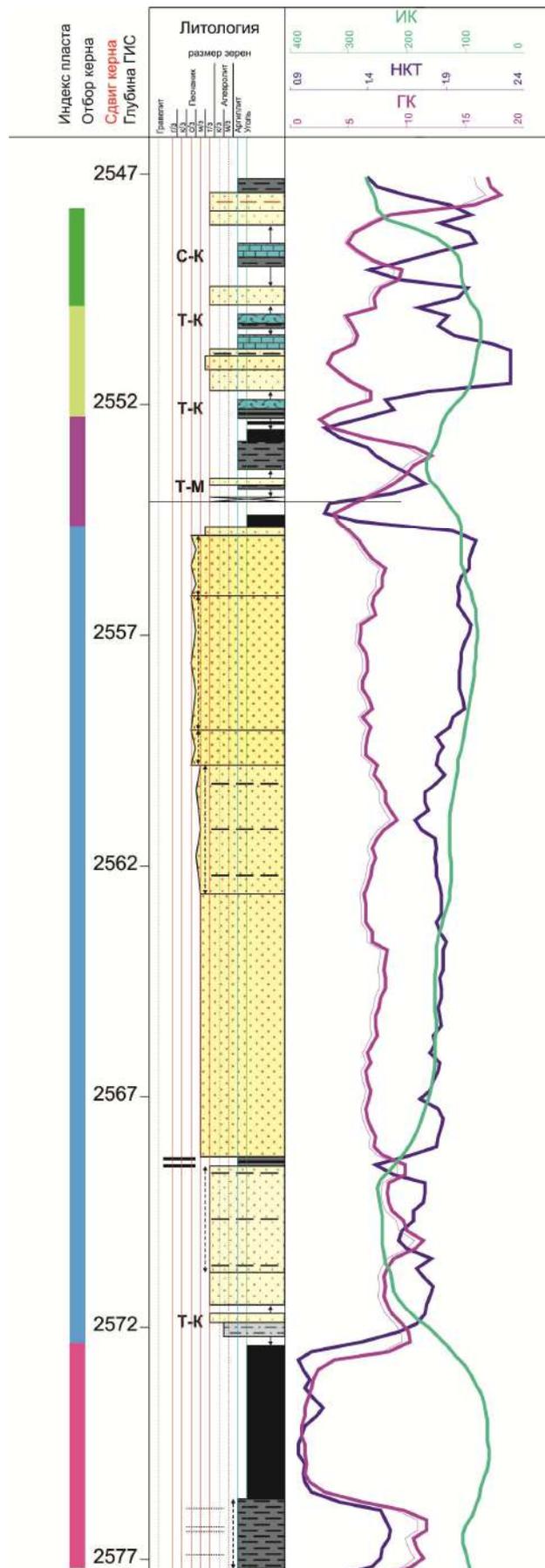


Рисунок 3.35 - Литологическая характеристика тип разреза №2 надугольной толщи (составила К.В. Габова, 2017)

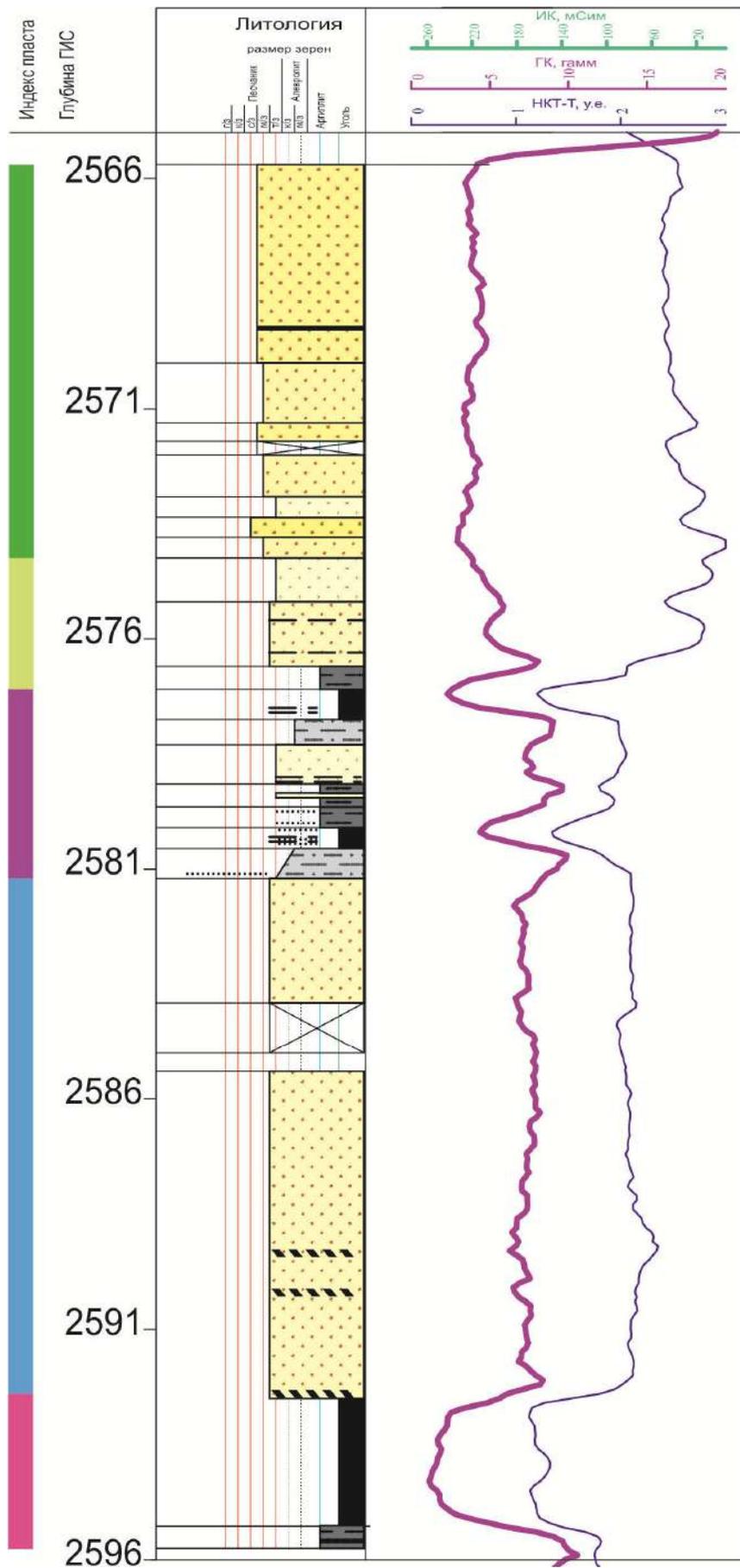


Рисунок 3.36 - Литологическая характеристика тип разреза №3 надугольной толщи (составила К.В. Габова, 2017)

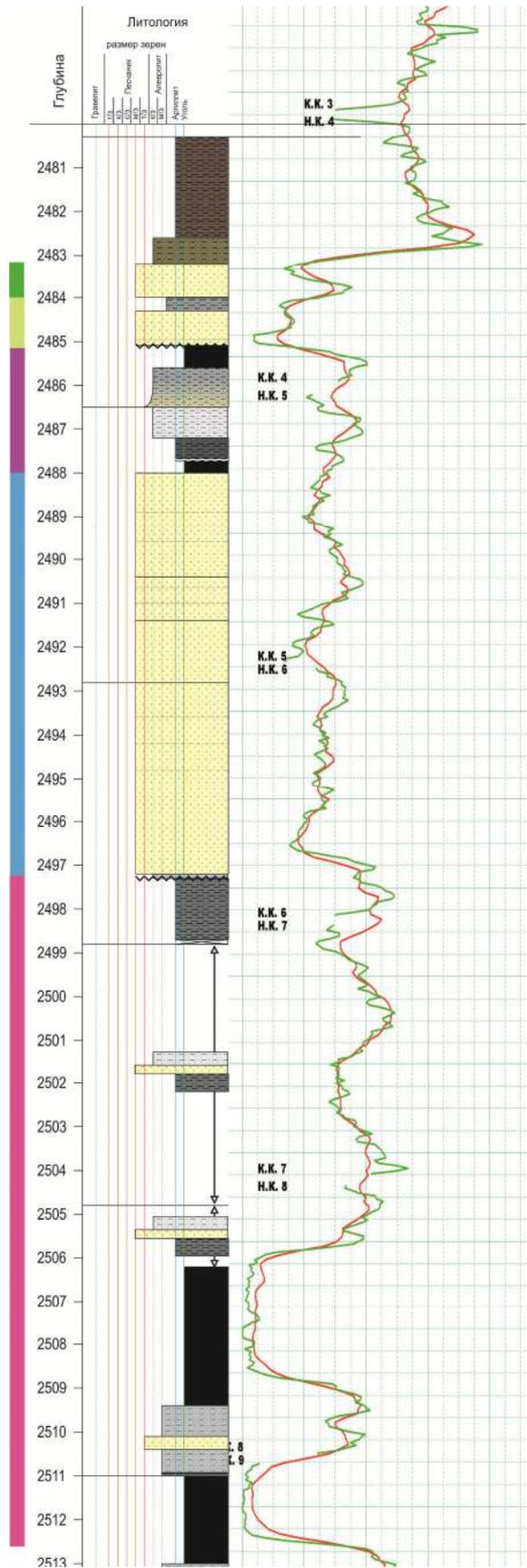


Рисунок 3.37 - Литологическая характеристика типа разреза №4 надугольной толщи (составила К.В. Габова, 2017)

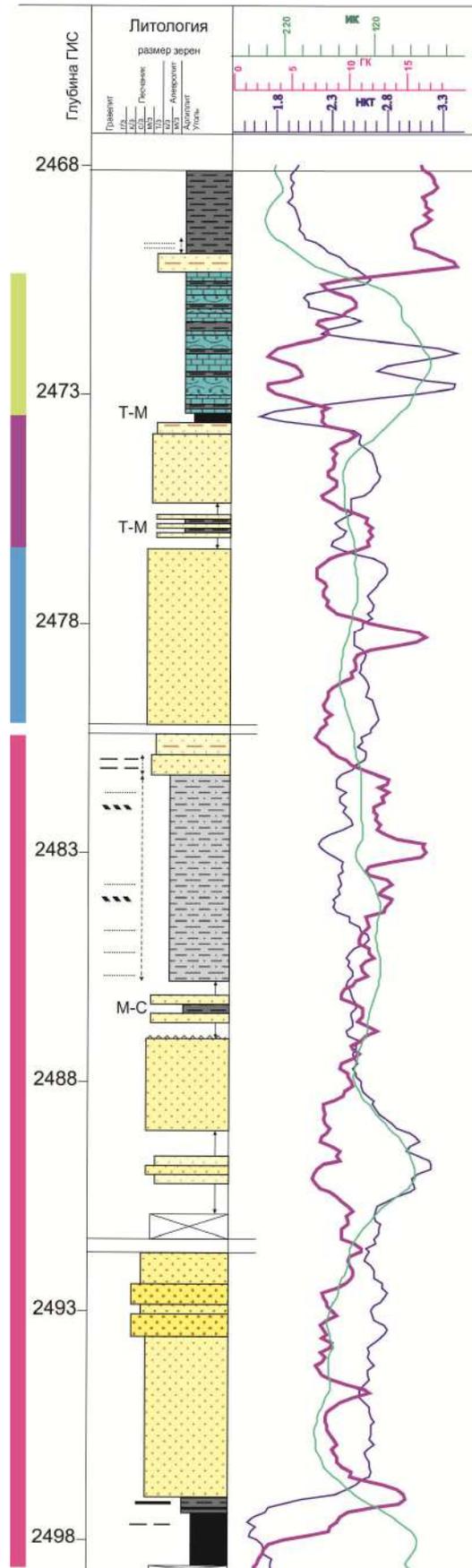


Рисунок 3.38 - Литологическая характеристика типа разреза №5 надугольной толщи  
(составила К.В. Габова, 2017)

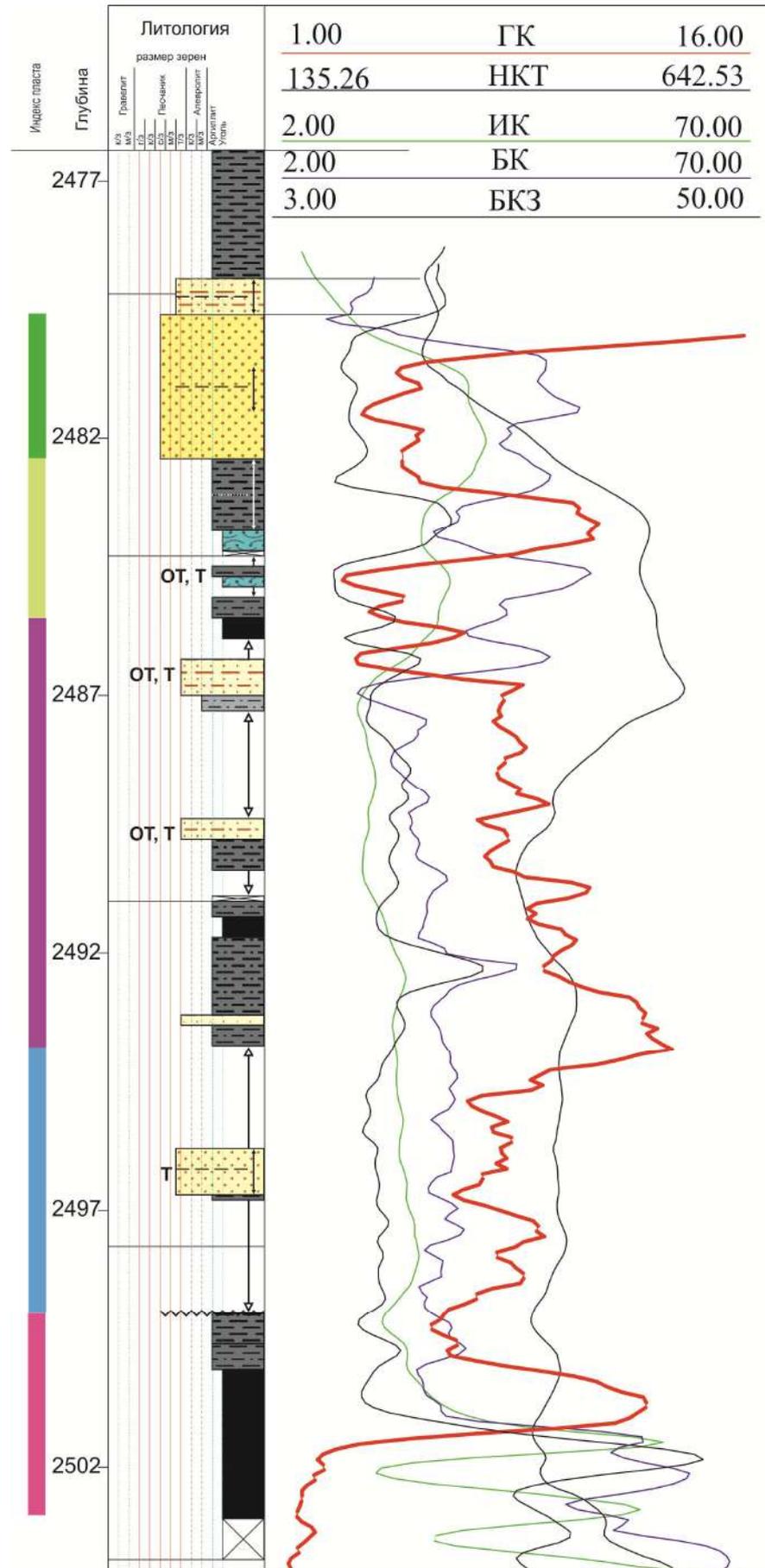


Рисунок 3.39 - Литологическая характеристика типа разреза №6 надугольной толщи (составила К.В. Габова, 2017)

### 3.3. Основные выводы по главе

На базе комплексного литологического исследования терригенных пород уточнен вещественный состав пород надугольной пачки Казанской группы месторождений. В литологическом плане осадки среднего-верхнего оксфорда представлены преимущественно песчаниками алевролитами и аргиллитами, нередко в разрезе встречаются прослой ракушняков, которые являются уникальными для терригенного разреза Томской области.

Продуктивные осадки среднего оксфорда представляют собой преимущественно мелкозернистые песчаники, реже средне-мелкозернистые с прослоями алевролитов и аргиллитов, в том числе углистых. Цемент представлен преимущественно гидрослюдой, реже каолинитом и сидеритом. Песчаники верхнего оксфорда сложены мелко- и крупно-среднезернистыми разностями с прослоями алевролитов и аргиллитов, известняков и ракушняков. Цемент сложен преимущественно каолинитом, реже гидрослюдой и кальцитом. Микротекстуры песчаников изменяются от однородных до микрослоистых и ориентированных.

Аргиллиты полимиктовые, преимущественно алевритовые и алевритистые, по структуре пелитовые и алевро-пелитовые. Основная масса сложена преимущественно гидрослюдистым материалом с примесью каолинита, монтмориллонита, хлорита, сидерита, пирита и растительного детрита. Микротекстура аргиллита неоднородная линзовидно-волнистая.

Алевролиты полимиктовые с поровым гидрослюдисто-глинистым, сидеритовым и кальцитовым цементом. По структуре мелко- и крупнозернистые алевритовые, реже псаммоалевритовые. Текстура микрослоистая, линзовидная, реже беспорядочная и пятнистая.

Известняки среднезернистые с плотной упаковкой кристаллов кальцита, которые имеют зернистую и шестоватую, реже лучистую форму. В качестве примеси в породе присутствуют терригенные обломки кварца и микрокварцитов, а также глобулы пирита.

Ракушняковые известняки сложены обломками раковин моллюсков, цементированных мелкозернистым кальцитом с терригенной примесью обломков кварца и микрокварцитов, а также сыпью пирита.

Прослеживаемая во всех скважинах глинисто-алевритовая, глинисто-карбонатная и глинисто-углистая перемычка между песчаниками продуктивных пластов разделяет коллектор горизонта Ю-I на изолированные системы.

Осадки барабинской пачки представлены песчаниками массивными, мелкозернистыми, неравномерно глинистыми, в разной степени обогащенными глауконитом и интенсивно карбонатизированными, с фосфатными конкрециями. Завершают литологический разрез аргиллиты баженовской свиты глинисто-гидрослюдистого состава.

Литологический облик пород, комплекс текстурных признаков и палеонтологических остатков, представленных раковинами двустворок, гастропод, фораменифер, остракод, а также рострами белемнитов говорит о принадлежности изучаемых осадков к прибрежно-морскому генезису.

Типизация разрезов была проведена по надугольной толще, в результате чего выделено 6 типов разрезов, которые отображают характер распределения продуктивных пластов в пределах изучаемой территории.

Данные выводы подтверждают **1 защищаемое положение**: *пространственные закономерности изменения литологического состава надугольной толщи, сложенной преимущественно алеврито-песчаными породами с прослоями аргиллитов, известняков, ракушняков и углей, свидетельствуют о формировании отложений в прибрежно-морских условиях. Основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала являлись приливно-отливные течения и волнение морского бассейна.*

## ГЛАВА 4. ЛИТОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И ФАЦИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОБСТАНОВОК СЕДИМЕНТАЦИИ

### 4.1. Литолого-фациальная характеристика верхнеюрских отложений

Литолого-фациальная характеристика верхнеюрских отложений дана по керну 29 скважин, пробуренных на Казанской, Болтной и Западно-Сомовской площадях. Согласно схеме стратиграфического районирования изученная территория относится к границе Пурпейско-Васюганского и Сильгинского структурно-фациальных районов, где в составе васюганского горизонта происходит взаимный переход васюганской и наунакской свит, что и определяет сложность объекта исследований в фациальном отношении. В нефтепромысловой практике он обычно рассматривается как относящийся к верхней подсвете васюганской свиты.

По традиционным представлениям верхневасюганская подсвета разделяется реперными пластами углей на три толщи – подугольную, межугольную и надугольную (Даненберг, Белозеров, 2006; Решения..., 2004). На территории исследования наибольший интерес представляет собой надугольная толща, к которой приурочены продуктивные на нефть и газ пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, обладающие хорошими коллекторскими свойствами. Пласты коллекторы имеют неоднородный состав и представлены неравномерным чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей.

Границы продуктивных пластов, выделенные по данным ГИС, как правило, не совпадают с границами осадочных циклов. Описанные разрезы хорошо выделяются по литологическим и каротажным характеристикам. Керном охарактеризованы отложения прибрежно-морского генезиса, относительного морского глубоководья и наиболее удаленной от побережья части бассейна. Установлено, что продуктивные пласты формировались в прибрежно-морской обстановке осадко-накопления.

На исследуемой территории продуктивные пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> представлены тонкозернистыми и средне-мелкозернистыми песчаниками с намывами глинистого материала, биотурбированными, сформированными в условиях приливных ка-

налов и приливной отмели, с постепенным переходом вверх по разрезу к отложениям баров дальней зоны. Перекрывают отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> угли, сформированные в приморском болоте, а также интенсивно биотурбированные глинисто-алевритовые породы заболоченных прибрежно-морских равнин и прослой ракушняка, характерные для прибрежно-морской обстановки, формировавшиеся в условиях надземных валов грядово-ложбинной равнины (шеньеры). По данным спорово-пыльцевого и микропалеонтологического анализов, выполненных в Лаборатории микропалеонтологии Томского государственного университета, возраст изучаемых отложений определяется как средний и поздний оксфорд. Причем отложения позднего оксфорда (J<sub>3</sub>ox<sub>3</sub>) соответствуют пласту Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, а среднего оксфорда (J<sub>3</sub>ox<sub>2</sub>) - пласту Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>. Обстановки осадконакопления для изученных образцов находились в пределах прибрежного мелководья, недалеко от области сноса в приливно-отливной зоне, различаясь разным энергетическим уровнем.

#### 4.1.1. Континентальные фации межугольной пачки

Детальный литолого-фациальный анализ керн показал, что породы нижней части горизонта Ю-I формировались в континентальной обстановке аллювиальной равнины и представлены отложениями аккреционного комплекса русел и кос, поймы, конуса прорыва, прируслового вала, озера и болота.

Отложения *аккреционного комплекса русел и кос* представлены песчаниками с уменьшающейся вверх зернистостью от средней до тонкой, с выдержанной плоскопараллельной косой слоистостью течения, реже с горизонтальной слоистостью. Песчаники в основании серий содержат гравийно-галечный материал, обломки углефицированной древесины, намывы мелких глинистых интракластов (Рисунки 4.1-4.3). Гравийно-галечные прослой представляют собой подошвенные части русловых врезов, возникающие при боковой миграции русел.

Мощность отложений русел и кос обычно составляет несколько метров (до 9 м в скв. 109 Болтного месторождения). В случае отмирания русла реки, русло-

вые пески постепенно перекрываются пойменными осадками. Для отложений комплекса типична ассоциация с фациями пойменных отложений.

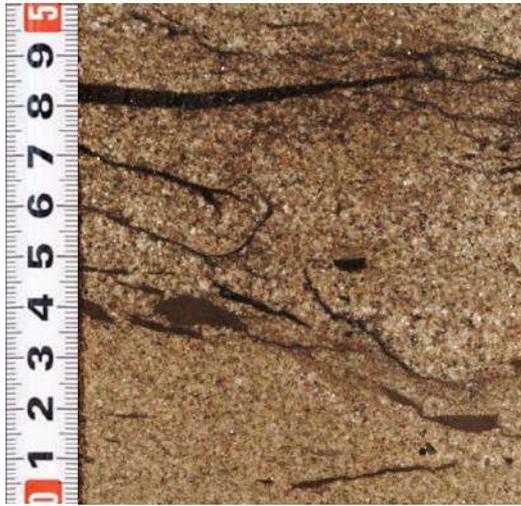


Рисунок 4.1 - Песчаник крупно-среднезернистый с многочисленными углефицированными обломками и намывами УРД. Фация *аккреционного комплекса русел и кос*. Гл. 2489,16 м. Скв. № 109 Болтного месторождения

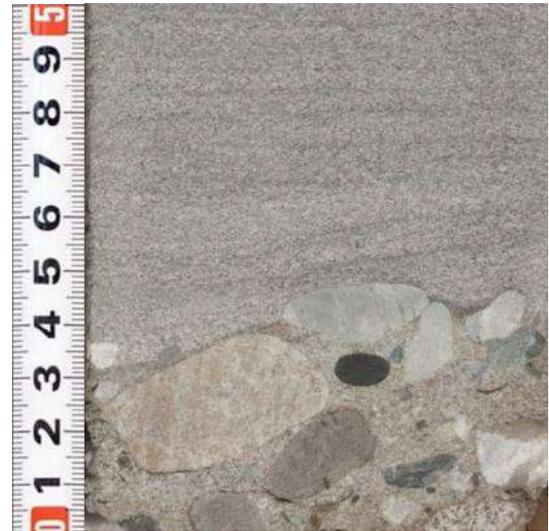


Рисунок 4.2 - Песчаник средне-крупнозернистый косослоистый с гравийно-галечными обломками. Фация *русел и кос*. Гл. 2905.9 м. Скв. 10 Западно-Сомовской площади



Рисунок 4.3 - Песчаник мелкозернистый с плоскопараллельной косой слоистостью. Фация *аккреционного комплекса русел и кос*. Глубина 2661,79 м. Скв. 663 Казанского месторождения

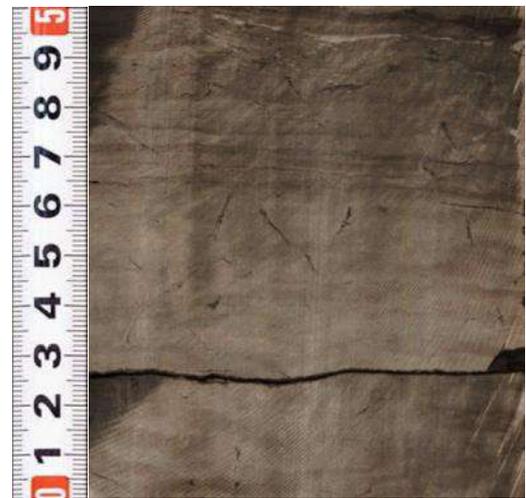


Рисунок 4.4 - Алевролит с углефицированными остатками корней растений. Фация *поймы*. Гл. 2515,89 м. Скв. 122 Казанского месторождения

*Пойменные отложения* представлены в основном алевролитами с тонкими прослоями и линзами тонкозернистых песчаников, выпадающих из суспензии в

паводковый период (Рисунок 4.4). Несколько реже встречаются аргиллиты и тонкие прослои угля. В отложениях поймы часто наблюдаются отпечатки флоры, следы и углефицированные остатки корней растений. В разрезе пойменные осадки обычно закономерно сменяют фации русла при их латеральной миграции. Для них характерна ассоциация с фациями конуса прорыва, прируслового вала и болота.

Отложения *конусов прорыва* зафиксированы в 18 скважине Казанского и 106 скважине Болтного месторождения. Породы представлены тонко-мелкозернистыми и тонкозернистыми песчаниками с выдержанной однонаправленной косо́й слоистостью (Рисунок 4.5). Слоистость подчеркнута намывами сидерита или слюдисто-углистого материала. Песчаники могут содержать намывы мелких глинистых интракластов и уголь в виде тонких прослоев, линз и бесформенных включений. Мощность песчаников конусов прорыва в среднем по разрезу составляет 0,35 м. Нижние границы прослоев, как правило, эрозионные. Прослои песчаников конусов прорыва обычно залегают среди отложений поймы.

Осадки *прирусловых валов*, описанные по керну скважин, пробуренных в пределах Казанской и Западно-Сомовской площадей, сложены тонко- и мелкозернистыми песчаниками, со значительным количеством алеврито-глинистого материала в виде тонких слойков. В прирусловых валах часто встречаются углефицированные корни и следы их присутствия, нарушающие первичные текстуры (Рисунок 4.6). Нередко отмечаются следы оползаний.

*Озерные* отложения выделены по керну скважины 15-Р Казанского месторождения и представлены глинистым и алевритовым материалом с ритмичной, хорошо выдержанной субгоризонтальной (ленточной) мелкомасштабной слоистостью (Рисунок 4.7.). Подобный тип слоистости, согласно исследованию Л.Н. Ботвинкиной (1957), возникает обычно при спокойном осадконакоплении в изолированном водоеме. Тонкие линзы песчаного материала указывают на возникновение кратковременных течений или заплеска волн. В озерных отложениях широко развиты трещины уплотнения осадка, что объясняется значительной (первые метры) мощностью отложений и их составом, отличающимся способностью значительно

уплотняться после осаднения. Вверх по разрезу наблюдается увеличение глинистой составляющей и углистой примеси, что связано с зарастанием водоема.



Рисунок 4.5 - Песчаник тонкозернистый однонаправленной косой слоистостью. Фация *конуса прорыва*. Гл. 2499.9 м. Скв. 106 Болтного месторождения

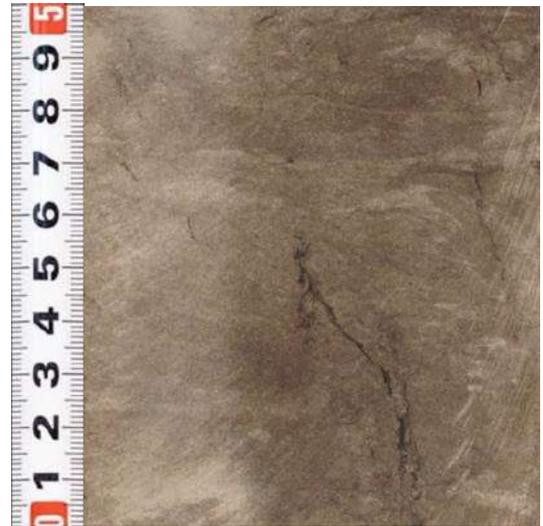


Рисунок 4.6 - Песчаник тонкозернистый алевроитовый со следами оползания и углефицированными остатками корней растений. Фация *прируслового вала*. Гл. 2597.95 м. Скв. 183 Казанского месторождения



Рисунок 4.7 - Алевролит глинисто-песчанистый с горизонтальной и градационной слоистостью, с редкими песчаными прослоями и трещинами уплотнения. Фация *озера*. Гл. 2463.10 м. Скв. 15Р Казанского месторождения

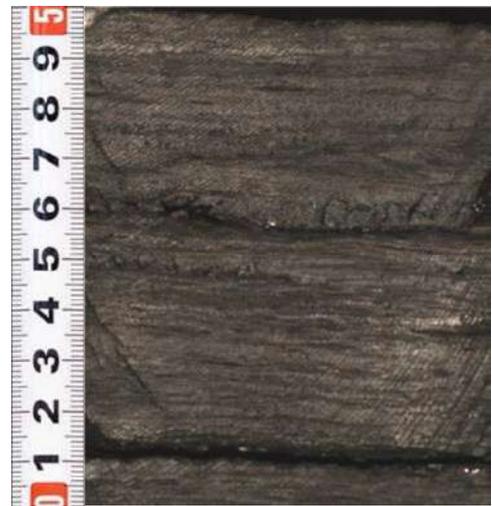


Рисунок 4.8 - Уголь хрупкий с жирным и матовым блеском. Фация *болота*. Гл. 2573.62 м. Скв. 147 к. 6 Казанского месторождения

Осадки *болота* представлены однородными и слоеватыми хрупкими углями с жирным и матовым блеском (Рисунок 4.8). Их главными генетическими признаками, отличающими их от других фациальных типов, является наличие большого количества углефицированного растительного детрита на плоскостях скола, а также присутствие рассеянных глобулей пирита.

#### 4.1.2. Прибрежно-морские фации надугольной пачки

К прибрежно-морским фациям в разрезе относятся осадки макрофации отложений приливо-отливной зоны, макрофации отложений баров дальней зоны, макрофации заболачивающихся отложений и макрофации шеньеров.

##### *Макрофация отложений приливо-отливной зоны*

Представленная макрофация включает в себя фацию песчаных осадков приливно-отливной зоны и фацию песчано-алевритовых осадков приливо-отливной зоны (ватт).

Отложения *приливных каналов* представлены мелкозернистыми песчаниками. Для песчаников типична однонаправленная косая слоистость ряби течения. Нередко наблюдаются серии с противоположным наклоном косых слойков, так называемая текстура «рыбья кость», соответствующие приливному и отливному течениям (Рисунки 4.9, 4.10). Одним из важных признаков отложений приливных каналов является прерывистый характер слоистости (глинистые шлейфы, флазеры, глинисто-алевролитовые прослои), возникающий из-за резких изменений динамики среды – смен приливных или отливных течений затишными условиями. По этой же причине в осадках встречаются намывы глинистых интракластов и углистого растительного детрита (УРД), а также наблюдаются небольшие колебания зернистости и глинистости песчаников. Иногда приливные каналы образуют эрозионные врезы в подстилающие отложения. Для осадков приливных каналов

характерна ассоциация в разрезе с отложениями приливо-отливной зоны, баров дальней зоны, заболоченных частей прибрежно-морских равнин, шеньеров и при-морских болот (Габова, 2013, 2014).

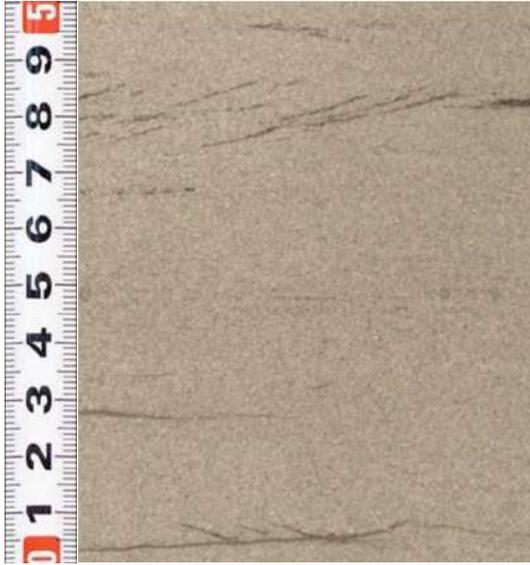


Рисунок 4.9 - Песчаник мелкозернистый с косою слоистостью, подчеркнутой слюдисто-углистым материалом. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2564.34 м. Скв. 147 к. 6 Казанского месторождения

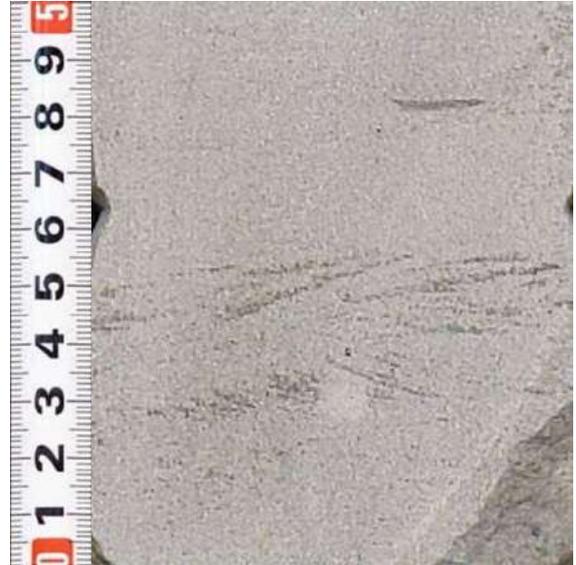


Рисунок 4.10 - Песчаник мелкозернистый с двунаправленной косою слоистостью типа «рыбья кость», подчеркнутой прерывистыми глинистыми слойками. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2485.90 м. Скв. 15Р Казанского месторождения

Осадки *приливо-отливной зоны* сложены мелко- и тонко-мелкозернистыми песчаниками, близкими по составу и структуре песчаникам приливных каналов, но содержащими большое количество глинистых прослоев, а также тонким переслаиванием песчаников тонкозернистых и глинистых алевролитов, а также песчаниками тонкозернистыми с прослоями аргиллита, участками алевролитового (Рисунки 4.11-4.14). Соотношение этих пород, как правило, определяется удалённостью от побережья. С отдалением от берега в сторону суши количество влекомого приливной волной песчаного материала постепенно уменьшается вплоть до его почти полного исчезновения в зоне маршей. Для песчаников обычно характерна однонаправленная косою слоистость, реже наблюдается слоистость ряби волнения с симметричными острыми гребнями. В осадках ваттов

встречаются трещины синерезиса, возникающие при резкой смене солености вод, заливающих отмель (Селли, 1981; Selley, 2000).

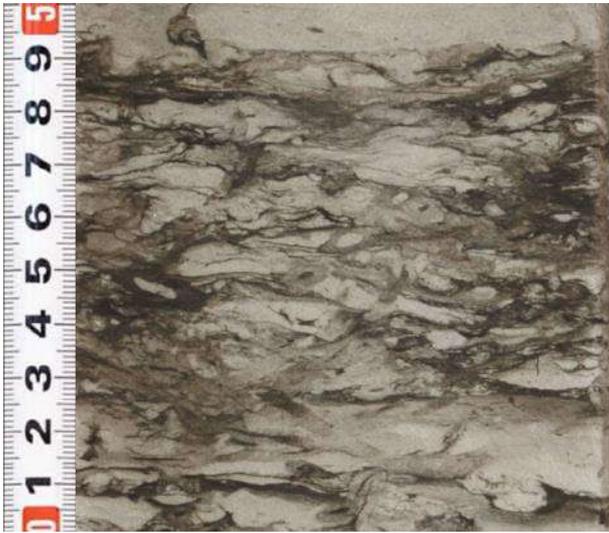


Рисунок 4.11 - Равномерное переслаивание алевритового аргиллита и песчаника тонкозернистого алевритового. Встречаются частые следы зарывания. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2514.7 м. Скв. 10 Западно-Сомовской площади

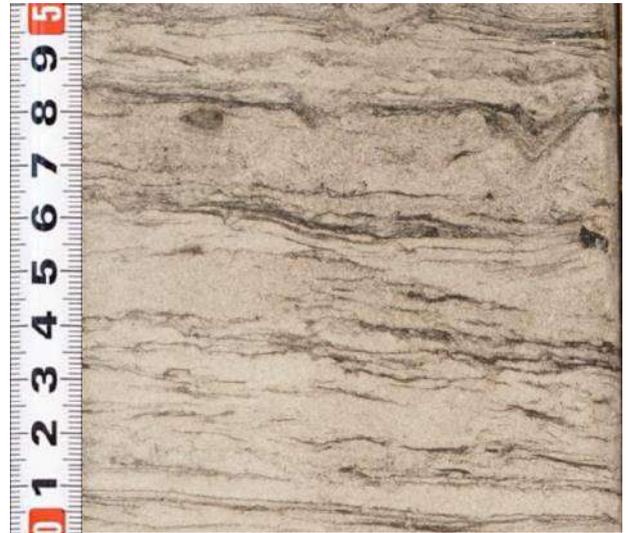


Рисунок 4.12 - Переслаивание мелкое неравномерное песчаника тонкозернистого и среднезернистого со следами зарывания двустворок. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2565.25 м. Фация ватта. Скв. 673 Казанского месторождения

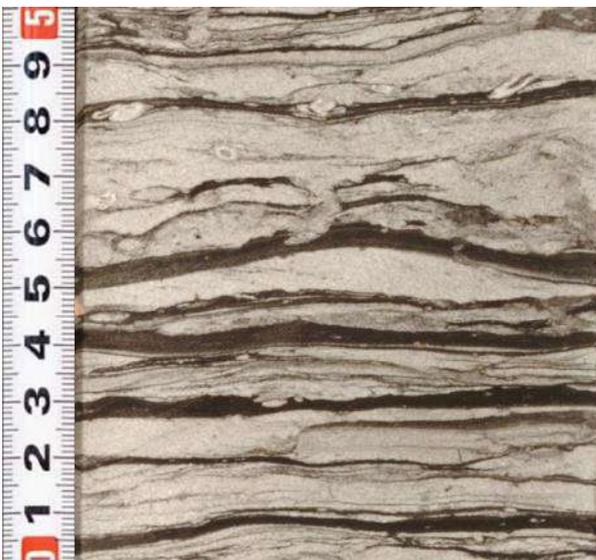


Рисунок 4.13 - Переслаивание тонко-мелкозернистого песчаника и аргиллита. Бiotурбация *Schaubcylindrichnus* и *Planolites*. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2520.51 м. Скв. 122 к. 11 Казанского месторождения



Рисунок 4.14 - Песчаник тонко-мелкозернистый с прерывистой косо́й слоистостью течения с многочисленными тонкими иловыми прослоями и следами биотурбации *Macaronichnus*. Фация *приливно-отливной зоны*. Гл. 2505.8 м. Скв. 17 Казанского месторождения

Более спокойные по сравнению с каналами условия часто способствуют широкому развитию биотурбации (*Macaronichnus*, *Schaubcylindrichnus*) (Pemberton, 1992, 2006). Для осадков ватта типична ассоциация с отложениями приливных каналов, заболоченных прибрежно-морских равнин, отложений шеньеров и приморских болот.

### ***Макрофация отложений баров дальней зоны***

Осадки представлены песчаниками с неравномерной сменой зернистости от мелкозернистых до среднезернистых. Для песчаников характерна однородная текстура (Рисунок 4.15), за счет интенсивного перемыва осадка. Для отложений ***баров дальней зоны*** характерна также горизонтальная, косая разнонаправленная, волнистая и косоволнистая слоистость ряби волнения.

Слоистость обычно прерывистая и выражена нечётко, подчеркнута намывами углисто-глинистого материала. Слюдистый материал в намывах практически отсутствует, что говорит о высокой волновой активности. О близости береговой линии свидетельствуют тонкие угольные прослои, намывы углефицированного растительного детрита (Рисунок 4.16).



Рисунок 4.15 - Песчаник среднезернистый однородный нефтенасыщенный. Фация ***бара дальней зоны***. Гл. 2558.46 м. Скв. 147 к. 6 Казанского месторождения



Рисунок 4.16 - Песчаник среднезернистый с косой слоистостью, подчеркнутой намывами углистого материала. Фация ***бара дальней зоны***. Гл. 2504.42 м. Скв. 11 Западно-Сомовской площади

### ***Макрофа́ция заболачивающихся отложений***

Включает в себя фацию глинисто-алевритовых осадков заболоченных прибрежно-морских равнин и фацию приморского болота.

Отложения глинисто-алевритовых осадков заболоченных прибрежно-морских равнин (маршей) представлены аргиллитами, в том числе углистыми, реже тонкозернистыми песчаниками, а также тонким, биотурбированным, переслаиванием перечисленных выше пород (Рисунок 4.17).

Накопление аргиллитов и алевритов происходило в спокойной обстановке. Встречающиеся прослои и линзы светло-серого тонкозернистого песчаника отлагались в периоды приливов и отливов. Поступление песчаного материала контролируется близостью береговой линии. Для отложений характерна выдержанная горизонтальная слоистость, обусловленная прослоями тонкозернистых песчаников с мощностью в среднем около 1 см, встречаются пиритизированные остатки фауны, пиритовые и сидеритовые конкреции. В осадках маршей присутствуют как углефицированные остатки и следы корней, так и следы жизнедеятельности ихнофоссилий.

Для осадков маршей характерен следующий комплекс ихнофоссилий: ихнофа́ции *Cruziana*: *Planolites*, *Teichichnus*, *Chondrites* и др., видовой состав которых широко варьирует в зависимости от особенностей обстановок осадконакопления. В отложениях маршей часто встречаются трещины синерезиса и рассеянный пирит в виде конкреций и стяжений, характерным является также наличие песчаных даек. Осадки маршей обычно ассоциируют с отложениями приливно-отливной зоны и приморских болот.

Отложения ***приморских болот*** представлены прослоями углей мощностью до 1 м и более (Рисунок 4.18), отлагавшимися в паралических условиях. Несколько реже встречаются углистые аргиллиты и углисто-глинистые алевролиты. Нередко отмечается тонкое, мелкое и среднее переслаивание аргиллитов, алевролитов и углей. Для углей приморского происхождения характерно наличие значительных количеств рассеянного пирита. Осадки приморских болот ассоциируют

преимущественно с осадками заболоченных прибрежно-морских равнин и приливно-отливной зоны.



Рисунок 4.17 - Переслаивание тонкое угля и песчаника тонкозернистого алевритистого сильно биотурбированное. Встречаются пиритовые конкреции. Фация *марша*. Гл. 2503.90 м. Скв. 16Р Казанского месторождения

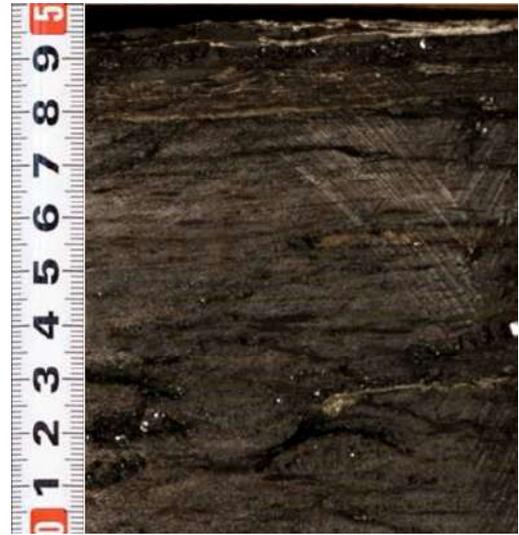


Рисунок 4.18 - Уголь хрупкий с жирным блеском с многочисленными скоплениями пирита. Фация *приморского болота*. Гл. 2552.59 м. Скв. 147 к. 6 Казанского месторождения

### *Макрофация шеньеров*

Макрофация шеньеров представлена фацией ракушняковых отложений грядово-ложбинной равнины (шеньеров). Среди отложений часто встречаются скопления раковин и раковинного детрита, с образованием прослоев ракушнякового известняка (Рисунки 4.19, 4.20). Предположительно, источником раковин были пляжи на обращенных в сторону моря склонах барьеров. Вероятно, что поступление раковинного детрита, происходило во время приливов, когда вода несла с собой раковинный материал, который в последствии откладывался в ложбинах, и формировал многочисленные ракушняковые банки в то время как переслаивающиеся с ракушняком аргиллиты накапливались в спокойной обстановке заболоченных прибрежно-морских равнин.

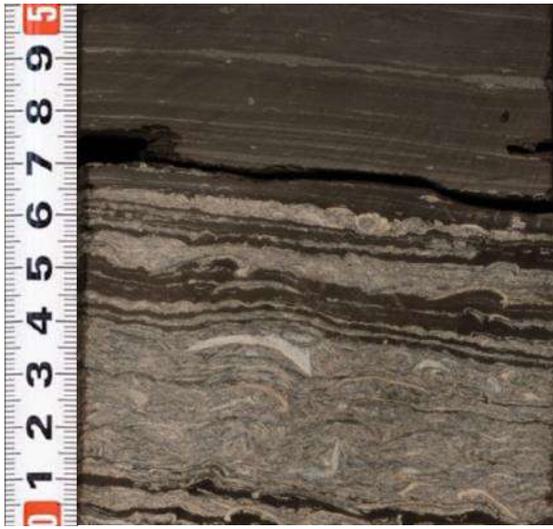


Рисунок 4.19 - Переслаивание неравномерное ракушнякового известняка и аргиллита.  
Фация *шеньеров*. Гл. 2508.76 м.  
Скв. 122 к. 11 Казанского месторождения

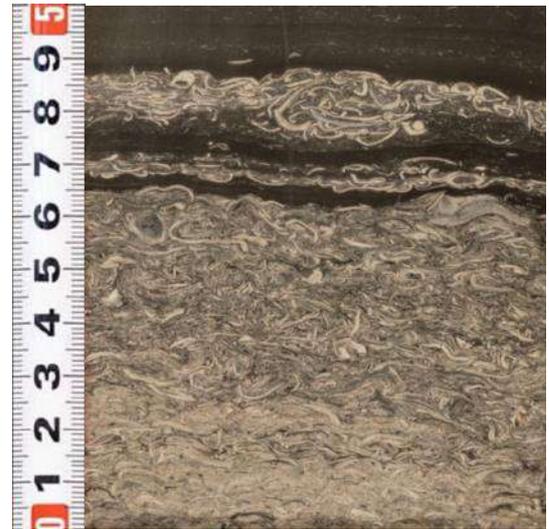


Рисунок 4.20 - Ракушняковый известняк с прослоями аргиллита. Фация *шеньеров*.  
Гл. 2553.04 м.  
Скв. 147 Казанского месторождения

#### 4.1.3. Относительно глубоководные фации барабинской пачки

Отложения *макрофации относительного морского глубоководья* сложены фацией алеврито-песчаных карбонатных осадков подводных поднятий и представлены песчаниками тонкозернистыми сильно глинистыми пятнисто окрашенными среднесцементированными. Пятнистая окраска обусловлена многочисленными следами биотурбации, а также глинистой примесью (тёмно-серый оттенок), рассеянными зёрнами глауконита (тёмно-зелёный оттенок), пирита (золотистый оттенок) и фосфорита (коричневый оттенок). Пирит представлен мелкими глобулями и их скоплениями неправильной формы. Фосфорит встречается в виде конкреций и цементирующего материала. Низкое количество поступающего обломочного материала обусловило относительно высокую роль биотурбационных текстур и накопление многочисленных остатков древней фауны (ростры белемнитов, раковины двустворок и др.) (Рисунки 4.21, 4.22). Образующийся таким образом конденсированный разрез имеет сильно сокращённую мощность, занимая при этом существенный стратиграфический диапазон.

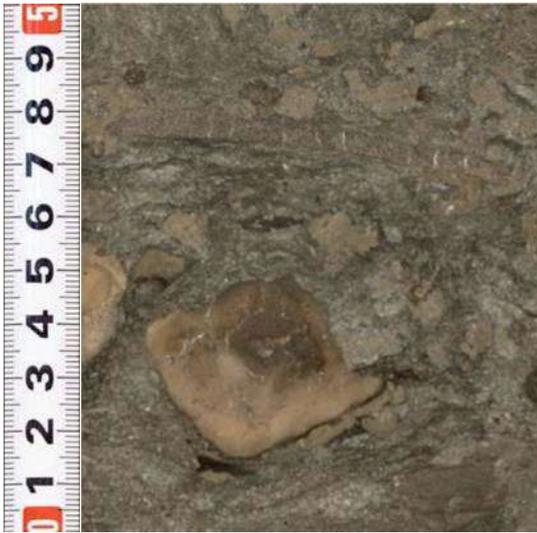


Рисунок 4.21 - Песчаник мелко-тонкозернистый глинистый биотурбированный с примесью глауконита, стяжениями пирита и конкрециями фосфоритов. Фация *внешнего шельфа*. Гл. 2572.10 м. Сkv. 113 к. 11 Казанского месторождения

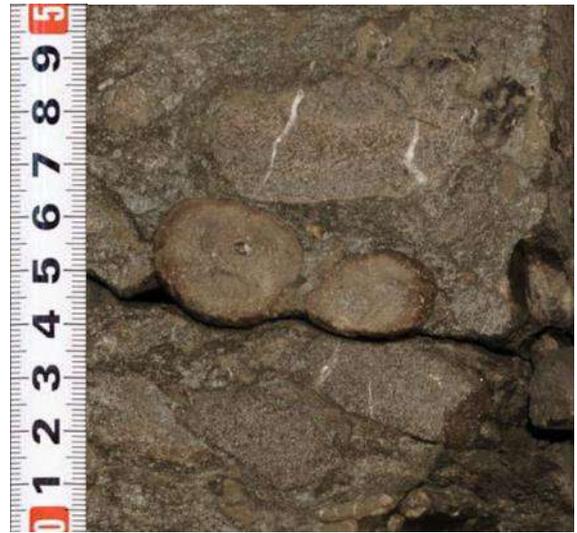


Рисунок 4.22 - Песчаник мелко-тонкозернистый глинистый биотурбированный с примесью глауконита и пирита, конкрециями фосфоритов и фосфоритовым цементом. Фация *внешнего шельфа*. Гл. 2503.20 м. Сkv. 122 к. 11 Казанского месторождения

#### 4.1.4. Наиболее удаленные от побережья фации баженовской свиты

Отложения макрофации отложений наиболее удаленной от побережья части бассейна представлены фацией алеврито-глинистых осадков открытой части бассейна.

Осадки сложены тонко отмученными преимущественно однородными темно-серыми аргиллитами. Нередко отмечается тонкая выдержанная горизонтальная слоистость. Иногда встречаются редкие кальцитизированные ростры белемнитов, мелкие пиритизированные и фосфатизированные органические остатки, в том числе, ихтиодетрит (хитиновые крючки с рук головоногих моллюсков *Onychites*) (Рисунки 4.23, 4.24). Пирит в аргиллите встречается в виде мелких рассеянных глобулей и тонкой сыпи.



Рисунок 4.23 - Аргиллит с рассеянными глобулами пирита.  
Фация *пелагиали*. Гл. 2547.10 м.  
Скв. 147 к. 6 Казанского месторождения

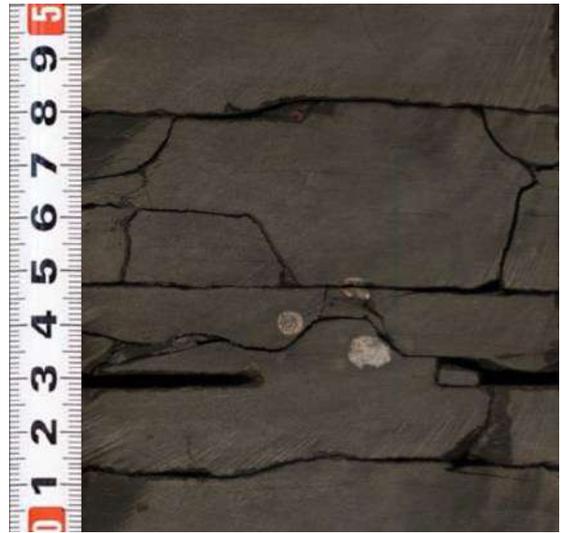


Рисунок 4.24 - Аргиллит горизонтальнослоистый с единичными рострами белемнитов.  
Фация *пелагиали*. Гл. 2502.26 м.  
Скв. 122 к. 11 Казанского месторождения

#### 4.2. Геохимические особенности условий формирования

Поведение редкоземельных элементов при формировании терригенных отложений издавна привлекает к себе внимание геологов и геохимиков. Эти элементы используются при решении ряда геологических проблем, в частности, для палеореконструкций.

В данной работе автором была использована методика, применяемая группой исследователей Воронежского государственного университета и учеными института геологии и геохимии Уральского отделения Российской академии наук под руководством А.В. Маслова.

Одним из видов анализа содержаний редкоземельных элементов (РЗЭ) является метод масс-спектрометрии с индуктивносвязанной плазмой (ICP-MS), преимуществом которого является возможность определения содержания в породе каждого элемента. Это позволяет использовать полученные данные для реконструкции фациальных условий формирования осадков (Кейт, Дегенс, 1961; Маслов, 2005; Юдович, 2011, 2000, 1981, 1980; Yudovich, 2003).

Из аргиллитов, алевролитов и песчаников баженовской, георгиевской, а также верхней части васюганской свиты были отобраны 58 образцов, в глинистой фракции которых методом ICP-MS было определено содержание редкоземельных элементов. Анализы были выполнены в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском Государственном Университете. Целью этих исследований являлось проведение геохимической типизации основных литолого-стратиграфических подразделений и выявление особенностей их формирования.

#### **4.2.1. Закономерности изменения микроэлементного состава пород**

По результатам выполненного автором литолого-фациального анализа керна, исследуемые осадки, вскрытые скважинами в пределах месторождений Казанской группы, представлены преимущественно прибрежно-морскими отложениями. Диагностика фаций проводилась с использованием структурно-текстурных признаков осадков с привлечением ихнофациального анализа, а также сопровождалась изучением включений, остатков фауны и флоры и прочих признаков.

Установлено, что продуктивные отложения верхней части васюганской свиты, включая пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, формировались в прибрежно-морских условиях в области повышенной активности гидродинамического режима. Основными движущими силами переноса и накопления терригенного материала продуктивных пластов являлись приливно-отливные течения и волнение морского бассейна. Они привели к образованию фациальной ассоциации субаэральной полосы приливно-отливного побережья, включающей в себя фации баров дальней зоны, приливных каналов, приливно-отливной зоны, заболоченных прибрежно-морских равнин и приморского болота. Васюганская свита перекрывается существенно глинистыми осадками относительного морского глубоководья георгиевской свиты, нижняя часть которой – барабинская пачка – имеет специфический облик и представляет собой «конденсированный разрез». Завершается исследованная последователь-

ность алевроито-глинистыми осадками открытой части бассейна баженовской свиты (Габова, 2013).

Особенностью РЗЭ является то, что элементы с четными номерами более стабильны, чем нечетные, поэтому встречаются в природных объектах в более высоких концентрациях (Маслов, 2005). Вследствие этого кривая распределения элементов (т. н. геохимический спектр породы) имеет зигзагообразный вид. Поэтому при построении графиков распределения РЗЭ использовалась процедура нормализации к стандарту (Виноградов, 1962; Маслов, 2005). В качестве стандарта использовалось генеральная проба глин Русской платформы (RPSC – Russian Platform Shale Composite) (Мигдисов и др., 1994).

Для сглаживания резкого различия концентраций использовался логарифмический масштаб, при котором на одной из осей графика откладываются не абсолютные значения концентраций, а их десятичные логарифмы. Таким образом, на одной из осей графика показываются все РЗЭ, а по другой оси – не абсолютные концентрации элементов, а отношения концентраций элементов в исследуемом образце к концентрациям в стандарте, которые и называются нормализованными значениями.

Анализ спектров позволяет увидеть различия в распределении РЗЭ между выделенными ранее обстановками осадконакопления (Рисунок 4.25) (Интерпретация..., 2001; Тейлор, 1987; Taylor, 1995). В ходе сопоставления каждого из них с литологической характеристикой выявлены общие закономерные тенденции накопления РЗЭ в каждом типе. Проведенный анализ позволил установить, что распределение РЗЭ зависит от гидродинамических условий бассейна. Спектры усредненных значений редкоземельных элементов располагаются на графике, соответствуя гидродинамическому режиму обстановок осадконакопления, от самой активной к самой спокойной (снизу вверх) (Рисунок 4.25).

Самой активной гидродинамикой из всех изученных геохимическим методом фаций обладают песчаные осадки приливного канала, спектр РЗЭ которых расположен на графике в самой нижней его части. Одним из важных признаков

отложений приливных каналов является прерывистый характер слоистости (глинистые шлейфы, флазеры, глинисто-алевролитовые прослойки), возникающий из-за резких изменений динамики среды – смен приливных или отливных течений затишными условиями. По этой же причине могут встречаться намывы глинистых интракластов и УРД, а также наблюдаться небольшие частые колебания зернистости и глинистости песчаников.

За ними следует спектр осадков приливо-отливной зоны, для которой в целом характерны более спокойные по сравнению с приливными каналами условия. Осадки ватта обычно сложены песчаниками, близкими по составу и структуре песчаникам приливных каналов, но содержащими большое количество глинистых прослоев, отлагавшихся в затишные периоды. Осадки ваттов в большинстве случаев представлены тонким частым переслаиванием тонкозернистых песчаников и глинистых алевролитов. Соотношение этих пород определяется в основном удалённостью от побережья: с отдалением от берега в сторону суши количество влекомого приливной волной песчаного материала постепенно уменьшается вплоть до его почти полного исчезновения в зоне маршей.

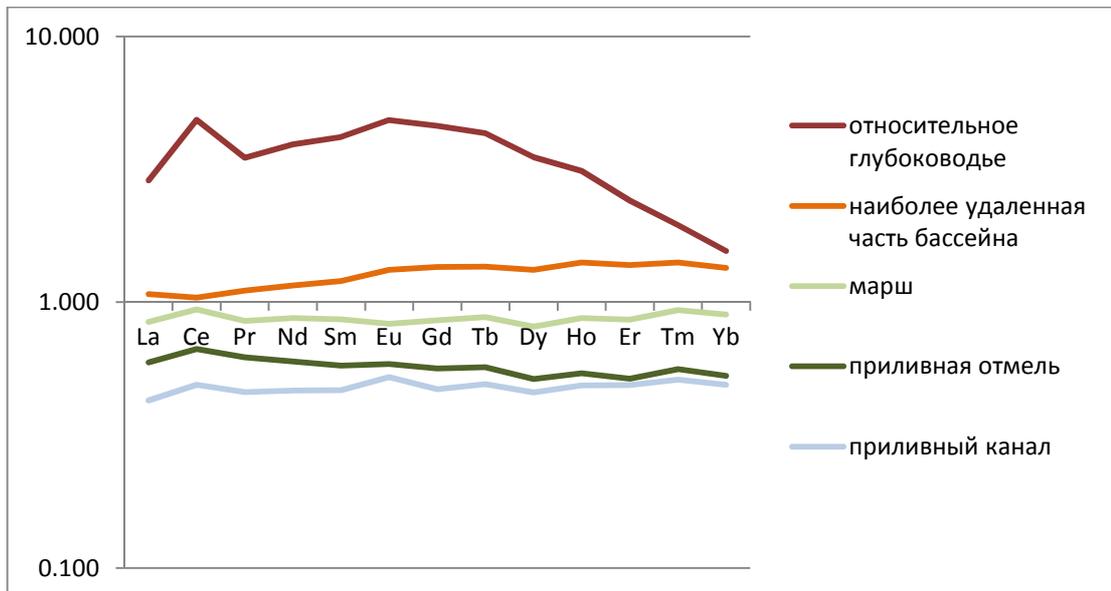


Рисунок 4.25 - Спектры усредненных значений редкоземельных элементов из пород юго-восточной части Ньюольской впадины, нормированных по RPSC

Отложения ватта, и следующие за ними осадки марша отражают более спокойный темп седиментации в прибрежной части бассейна. Отложения маршей представлены однородными или тонкослоистыми аргиллитами, аргиллитами углистыми, углисто-глинистыми алевролитами, углями и тонкозернистыми песчаниками, а также тонким, нередко биотурбированным, переслаиванием перечисленных выше пород. Накопление удаленной от побережья части марша происходило в еще более спокойной обстановке, с достаточно редкими периодами штормов, о чем свидетельствуют тонкие прослои и линзы светло-серого тонкозернистого песчаника.

И, наконец, наиболее спокойная обстановка представлена глинистыми, кремнисто-глинистыми и кремнисто-карбонатными породами наиболее удаленной от побережья части бассейна.

В породах относительного морского глубоководья барабинской пачки большинство редкоземельных элементов присутствует в значительно более высокой концентрации. Геохимический спектр этих осадков заметно выбивается из общей картины. Отложения формировались в спокойной обстановке ниже базиса штормовых волн в условиях весьма ограниченного привноса обломочного материала и имеют особые геохимические условия. О дефиците обломочного материала свидетельствует широкое распространение аутигенных минералов: глауконита, пирита, фосфоритов, а также высокая концентрация органических остатков, например, ростров белемнитов. Образование глауконита и фосфорита связывается с длительным воздействием на первично песчаный материал морской воды; низкое количество поступающего обломочного материала обусловило накопление многочисленных остатков древней фауны (ростры белемнитов, раковины двустворок и др.). Образующийся таким образом конденсированный разрез имеет сильно сокращённую мощность, занимая при этом существенный стратиграфический диапазон.

Для детального рассмотрения распределения редкоземельных элементов по каждой из фаций были построены развернутые графики, показывающие

содержания РЗЭ относительно RPSC во всех исследованных образцах (Рисунок 4.26) (Габова, 2013).

По морфологии спектров лантаноидов исследуемые породы сопоставимы друг с другом. Для них всех отмечается выраженная тенденция приближения нормализованных значений содержаний РЗЭ к значениям RPSC по мере последовательного снижения гидродинамического уровня в ряду фаций приливный канал – приливная отмель – марш.

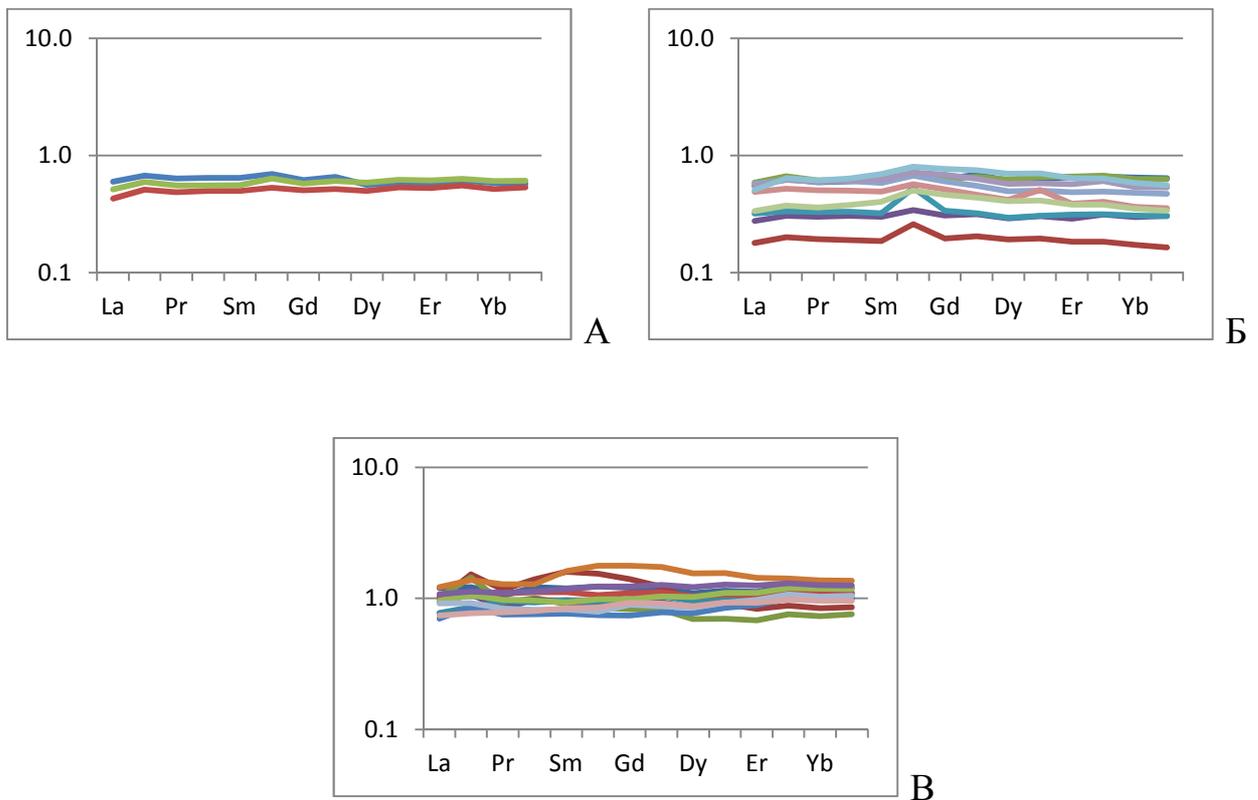


Рисунок 4.26. - Спектры редкоземельных элементов (показаны цветом), нормированные по RPSC и распределенные по фацальной принадлежности:

- А - приливный канал
- Б – приливная отмель
- В - марш

Содержание рассматриваемых элементов в глинисто-песчаных отложениях приливного канала и приливной отмели ниже тех значений, что характерны для RPSC (Рисунок 4.26 А, Б). В осадках приливного канала наблюдается незначительное превышение состава тяжелых редкоземельных элементов над легкими. В отложениях приливной отмели наблюдается обратная тенденция, при том, что со-

держание Eu в некоторых образцах сильно возрастает. В большинстве же аргиллитов и песчано-глинистых отложений марша концентрация РЗЭ приблизительно такая же, как и в генеральной пробе глин Русской платформы (Рисунок 4.26 В). Но всё же отмечаются некоторые различия. Например, в осадках ватта – пониженное содержание тяжелых РЗЭ по отношению к легким, тогда как в отложениях марша содержание тяжелых РЗЭ возрастает.

Полученные в результате интерпретации данные подтвердили закономерность изменения содержания РЗЭ между различными обстановками в прибрежно-морской полосе и показали зависимость роста одних РЗЭ и сокращения других по мере удаленности от побережья.

#### **4.2.2. Реконструкция условий образования осадков по основным геохимическим показателям**

Кроме принадлежности осадка к той или иной обстановке седиментации по данным, полученным в результате геохимического анализа, можно судить о палеогеографических условиях накопления осадочных образований (Маслов, 2005; Юдович, Кетрис, 2011). Информация о содержании и соотношении в песчаниках и тонкозернистых обломочных породах широкого спектра элементов-примесей, позволяет достаточно корректно реконструировать состав пород на палеоводосборах, палеогеодинамические обстановки накопления исходных осадков, рассчитать кларки концентрации и ряд других численных параметров процессов седиментогенеза. Соотношение элементов-примесей в исследуемых образцах приведены в Таблице 4.1.

Общим геохимическим показателем палеогеографических условий накопления тех или иных осадочных образований обычно рассматривается цериевая аномалия Ce/Ce\* (Murray et al., 1991). Известно, что основная масса РЗЭ поставляется в конечные водоемы стока реками в виде взвеси. В центральных районах крупных морских и океанических бассейнов Ce подвергается окислению и пере-

ходит в растворимую форму, что ведет к появлению в морской воде отрицательной цериевой аномалии, то есть значения величины  $Ce/Ce^* < 1$ .

Отношение  $Ce/Ce^*$  в исследуемых образцах (Таблица 4.1) указывает на окраинно-континентальную обстановку седиментации. В более глубоководных осадках величина отношения имеет отрицательную Ce аномалию (0,86), в то время как прибрежно-морских и мелководных осадках  $Ce/Ce^* > 1$ .

Таблица 4.1 - Соотношение элементов-примесей в отложениях района исследования

Фация	Количество образцов	Свита	Средние значения отношений элементов-примесей					
			Ce/Ce*	Ce/Y	Ti/Zr	Sr/Ba	Eu/Eu*	La/Yb
открытая часть бассейна	7	баженовская	0,86	7,28	0,79	0,66	1,03	0,96
относительное морское глубоководье	3	георгиевская	1,52	11,02	0,80	0,17	1,10	1,85
марш	42	васюганская	1,12	8,97	1,44	0,34	1,06	1,41
приливная отмель			1,07	9,52	1,14	0,38	1,17	1,63
приливный канал			1,10	8,45	1,15	0,42	1,15	1,03

А.В. Маслов применяет также и другие соотношения РЗЭ для реконструирования обстановок осадконакопления. Он основывается на том, что редкие земли слабо растворимы в воде и, следовательно, практически без потерь перемещаются из областей размыва в области осадконакопления (Маслов, 2005).

Использование отношения Sr/Ba как индикатора палеосолености основано на следующих соображениях (Маслов, 2005; Юдович, 2011). Известно, что при интенсивном химическом выветривании Ba и Sr мигрируют до попадания в морские водоемы совместно. В прибрежных водах Ba быстро связывается с  $SO_4^{2-}$  и выпадает в осадок. Sr не осаждается в прибрежной части бассейна и мигрирует в

более удаленные части. Его осаждение начинается лишь в маршевых обстановках. Следовательно, по соотношению Sr/Ba в осадках одного возраста можно проследить переход от пресноводных отложений к морским. На исследуемых площадях наибольшая величина отношения Sr/Ba зафиксирована в осадках глубоководья, где она равна 0,66 (Таблица 4.1). Эта фация является нормально-солёной и относительно остальных фаций является наиболее солёной.

Осадки приливного канала (0,42) и приливной отмели (0,38) имеют схожие значения, видимо, за счет близких условий накопления. В то время как в отложениях марша этот показатель имеет ещё более низкие значения (0,34), вероятно, за счет своего близкого расположения к континентальной части и регулярного опреснения морских вод. Минимальный показатель Sr/Ba (0,17) характерен для барабинской пачки фации внешнего шельфа. Такой показатель говорит о пресноводности бассейна седиментации, однако это противоречит общепринятым представлениям об образовании пачки, которая образовывалась при быстрых трансгрессиях и сочетает в себе признаки мелководных и глубоководных отложений. Данный факт представляет несомненный интерес и требует дальнейших исследований для своего объяснения.

Для оценки дальности переноса терригенного материала чаще всего используется отношение Ti/Zr. Так как этот параметр отражает лучшую сохранность цирконов по сравнению с титансодержащими минералами при длительной транспортировке или многократном переотложении кластики (Маслов, 2005). Из этого следует, что породы, образованные близко от источника сноса, будут иметь более высокие значения указанного отношения, в отличие от пород, в составе которых присутствует материал разрушения того же источника сноса, но перемещенный на большее расстояние. Это подтверждают данные, полученные в результате пересчета нормализованных значений баженовской, георгиевской и васюганской свит (Таблица 4.1). Доказано, что в глубоководно-морских (0,79) и мелководно-морских отложениях (0,80) отношение Ti/Zr ниже, чем в отложениях прибрежно-морского генезиса (1,14-1,44).

По материалам исследований Ю.А. Балашова и А.Б. Ронова с соавторами, одним из наиболее интересных геохимических индикаторов климата является отношение  $Ce/Y$  (Балашов, 1976, 1964; Ронов, 1967, 1972). Как известно, в аридных обстановках дифференциация редкоземельных элементов отсутствует, тогда как в процессе гумидного седиментогенеза наблюдается значительная дифференциация содержаний и состава РЗЭ. Исходя из представлений о дифференциации РЗЭ в гумидных обстановках, развиваемых Ю.А. Балашовым и его коллегами, в качестве пороговой между аридными и гумидными обстановками принимается величина данного отношения равная 3. По исследуемым отложениям показатель  $Ce/Y$  варьирует от 7,28 до 11,02, что характерно для отчётливо гумидного климата. Максимальный показатель отношения  $Ce/Y$  (11,02) наблюдается в подошве георгиевской свиты – барабинской пачки, что может свидетельствовать о повышении температурного режима в ходе продолжающейся трансгрессии. Минимальное же значение отношения  $Ce/Y$  (7,28) характерно для глубоководных осадков баженовской свиты.

Широкое применение нашло вычисление «европиевой аномалии», представляющей собой отношение реального содержания европия к «теоретическому» значению, полученному путем интерполяции между содержаниями соседей европия – самария и гадолиния, нормированных по RPSC. Европиевая аномалия (или отношение  $Eu/Eu^*$ ) является показателем состава размывавшихся на палеоводосборах комплексов пород (Маслов, 2005; Юдович, 2011). Не смотря на то, что никаких отрицательных значений при пересчетах не возникает, в литературе значения  $Eu/Eu^* > 1$  принято называть положительными, а значения  $< 1$  – отрицательными. Для исследуемых образцов отношение  $Eu/Eu^*$  колеблется от 1,03 до 1,17. В случае, когда величина европиевой аномалии относительно невелика, можно сделать вывод о преобладании в областях размыва докембрийских кристаллических пород или пород, сформированных за счет ювенильного материала, не претерпевшего существенного преобразования в континентальной коре.

Мерой соотношения кислых и основных пород в источниках сноса выступает вид спектра  $La/Yb$ . В исследуемых породах значение отношения  $La/Yb$  не пре-

вышающее 1.85 позволяет предполагать существенную роль в источниках сноса магматических пород основного состава. Причем для глубоководных отложений данный показатель является минимальным (0,96), а в прибрежно-морских осадках возрастает до 1,03-1,63.

Как песчаники, так и тонкозернистые обломочные породы в своих литогеохимических характеристиках несут интегральную информацию о ряде факторов, контролирующих процессы их формирования. Полученные таким образом сведения существенно дополняют и детализируют результаты литологических исследований, выполненных традиционными методами.

Полученные в результате проведенного исследования данные подтвердили закономерность изменения содержания РЗЭ между различными обстановками в прибрежно-морской полосе и показали зависимость роста одних РЗЭ и сокращения других по мере удаленности от побережья. Осадочные породы, вскрытые керном юго-восточной части Нюрольской впадины различаются как по геохимическому, так и по минералого-петрографическому составу, и те, и другие представлены широким спектром разновидностей. С помощью полученных геохимических данных и оценки индикаторов были подтверждены выделенные ранее обстановки осадконакопления и выполнено определение фундаментальных показателей для осадочных пород – состав и удаленность источника сноса, солёность, палеоклиматические условия.

Отчетливая Eu аномалия прослеживается практически во всех исследуемых типах, и среднее значение  $La/Yb < 4$ , предполагает в областях питания для данных отложений магматических пород основного состава. Одним из геохимических индикаторов климата является отношение  $Ce/Y$ . В рассматриваемом случае преобладают значения более 3, следовательно, тип седиментогенеза определяется как выражено гумидный. Для оценки дальности переноса терригенного материала было использовано отношение  $Ti/Zr$ . Доказано, что в глубоководно-морских отложениях отношение  $Ti/Zr$  ниже, чем в отложениях прибрежно-морского генезиса. Величина  $Sr/Ba$  подчеркивает преимущественно значительную солёность бассейна седиментации. Исключение составляют лишь отложения ватта и марша, где

соленость воды несколько понижена. Отношение  $Se/Se^*$  в исследуемых образцах в интервалах 0,86...1,52 указывает на окраинно-континентальный режим седиментационной обстановки. Таким образом, литохимические данные по элементам-примесям могут быть использованы для подтверждения выделенных ранее обстановок осадконакопления. Следует отметить, что в процессе интерпретации полученных результатов был установлен особый геохимический облик пород барабинской пачки георгиевской свиты, обусловленный, как предполагается, весьма специфическими для конденсированного разреза геохимическими условиями (Габова, Кравченко, 2016).

### **4.3. Реконструкция условий седиментации надугольной пачки**

Основные закономерности в строении разреза, выражающиеся в его цикличности, выявлены при литолого-фациальном изучении разрезов скважин, наиболее детально охарактеризованных керном.

Обобщая результаты литолого-фациального анализа всех изученных отложений вплоть до подошвы маломощной барабинской пачки, фиксируемой во всех исследуемых разрезах и являющейся региональным репером (традиционно индексируется как пласт Ю<sub>1</sub><sup>0</sup>), снизу вверх выделяется 4 группы, первая и вторая из которых соответствуют возрасту J<sub>3</sub>ox<sub>3</sub>, а третья и четвертая - J<sub>3</sub>ox<sub>2</sub> (Таблица 4.2).

Подстилают отложения надугольной толщи осадки континентальной группы фаций. Они полностью вскрыты только в двух скважинах (15-Р и 18-Р) Казанского месторождения и представлены выдержанными пластами углей и аргиллитов, иногда с прослоями алевролитов и тонкозернистых песчаников, образованными в условиях озёрно-болотной равнины (Габова, 2014).

В целом осадки континентальной группы представляет собой завершение крупного регрессивного этапа развития территории и отделяется от вышележащих групп №1-4 чётко фиксируемой в керне эрозионной границей. Группы № 1-4, таким образом, представляют собой базальную часть регионального трансгрес-

сивного циклита, формирование которого началось в среднем оксфорде и затронуло всю Западную Сибирь. Отложения групп № 1-4, характеризуются набором латерально близких обстановок осадконакопления и, как правило, разделены поверхностями размыва.

Таблица 4.2 - Литолого-генетические типы отложений и макрофации в отложениях надугольной толщи

Возраст	Группа	Макрофация	Фация
$J_3^v$		<b>Макрофация</b> отложений наиболее удаленной от побережья части бассейна	<b>Фация</b> алеврито-глинистых осадков открытой части бассейна
$J_3^{km}$		<b>Макрофация</b> отложений относительного морского глубоководья	<b>Фация</b> алеврито-песчаных карбонатных осадков подводных поднятий
$J_3^{ox_3}$ (Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup> )	1	<b>Макрофация</b> отложений приливно-отливной зоны	<b>Фация</b> песчаных осадков приливного канала; <b>Фация</b> песчано-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (ватт);
		<b>Макрофация</b> отложений баров дальней зоны	<b>Фация</b> песчаных отложений баров дальней зоны;
	2	<b>Макрофация</b> заболачивающихся отложений	<b>Фация</b> глинисто-алевритовых осадков заболоченных прибрежно-морских равнин;
		<b>Макрофация</b> шеньеров	<b>Фация</b> ракушняковых отложений шеньеров (грядово-ложбинной равнины);
$J_3^{ox_2}$ (Ю <sub>1</sub> <sup>2</sup> )	3	<b>Макрофация</b> заболачивающихся отложений	<b>Фация</b> глинисто-алевритовых осадков заболоченных прибрежно-морских равнин; <b>Фация</b> углистых осадков приморского болота;
	4	<b>Макрофация</b> отложений баров дальней зоны	<b>Фация</b> песчаных отложений баров дальней зоны;
		<b>Макрофация</b> отложений приливно-отливной зоны	<b>Фация</b> песчаных осадков приливного канала; <b>Фация</b> песчано-алевритовых осадков приливно-отливной зоны (ватт);

Отложения *группы № 4* представляют собой преимущественно мелкопесчаные осадки, которые, как показал литолого-фациальный анализ, формировались под преобладающим действием морских приливов и относятся к фациям приливных каналов и связанных с ними приливных отмелей. В кровельной части пласта усиливается действие волнений, приводящее к возникновению песчаных отложений баров дальней зоны (Рисунок 4.28 А). К отложениям этой группы приурочены продуктивные отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, отнесенные к *макрофации приливно-отливной равнины и макрофации баров дальней зоны*.

Распознавание фации приливных каналов позволяет выявить взаимодействие палеотечений и фаций: отложения каналов образуют вытянутое с юго-запада на северо-восток песчаное тело (Рисунок 4.28 Б).

Отложения приливной отмели имеют более широкое распространение по площади и более или менее выдержанную толщину, которая увеличивается к югу и востоку территории (Рисунок 4.28 В). Такая морфология тел, образуемых отложениями приливного канала и приливной отмели, указывает на принос материала в север-северо-восточном направлении, что подтверждает наличие уклона поверхности с юга на север.

В группе № 4 к перспективным для обнаружения коллекторов с хорошими ФЕС (фильтрационно-емкостные свойства) зонам относятся песчаные отложения бара дальней зоны, распространенные в северной части исследуемой территории, чуть менее перспективными являются отложения приливных каналов и отмелей. Эффективная толщина выделяемого в этой пачке пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> колеблется от 1.9 м в скв. 4Р Болтного месторождения до 17.3 м в скв. 11-П Западно-Сомовской площади (Рисунок 4.28 Г).

*Группа № 3* в сравнении с нижележащей имеет регрессивную направленность процесса седиментации и отражает постепенное отступление моря с территории исследования или его стабилизацию на фоне прежних скоростей поступления осадка.

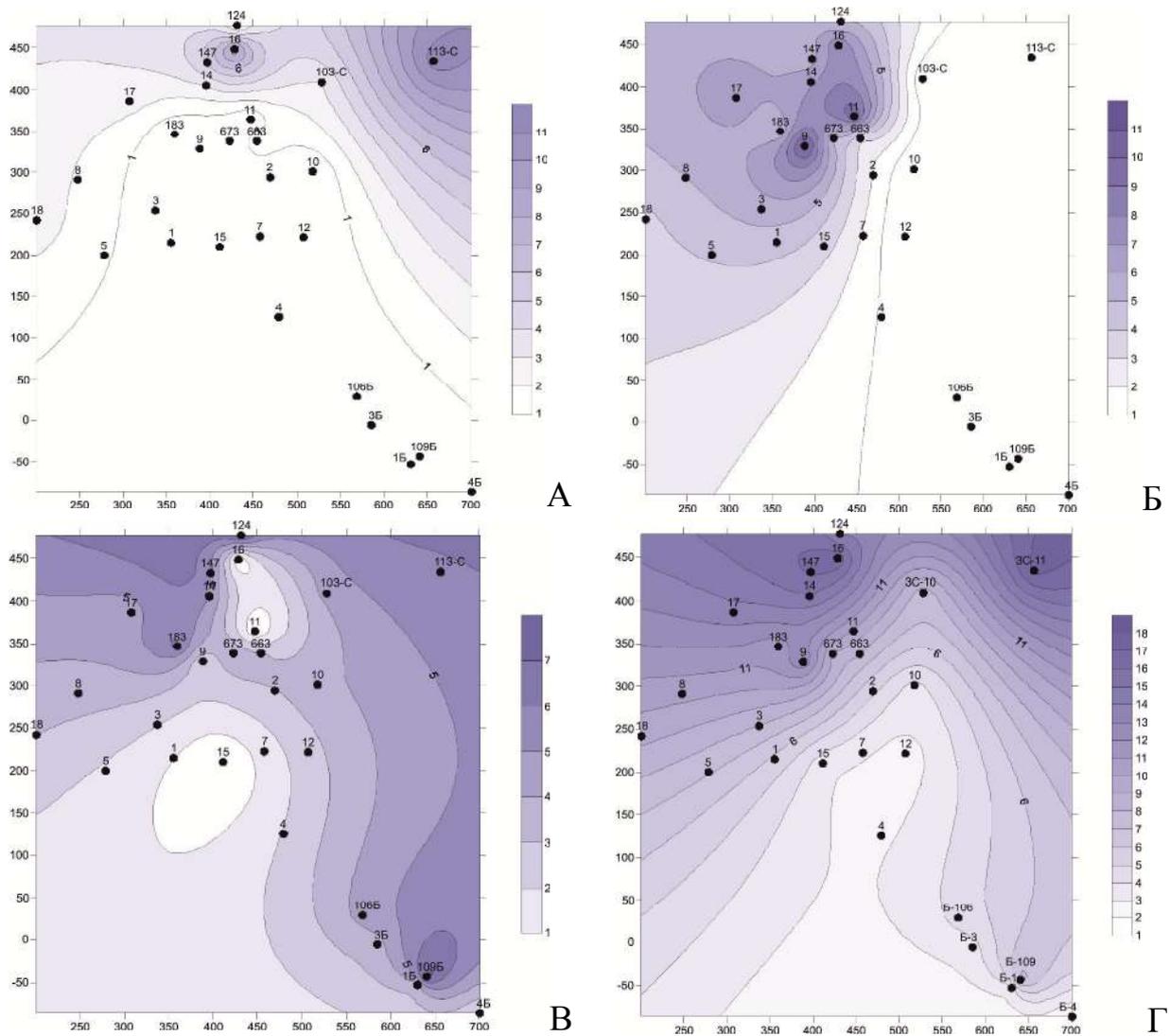


Рисунок 4.28 - Карты толщин отложений группы №4 (пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>) по данным изучения керна: А – бар дальней зоны, Б – приливный канал, В – приливная отмель, Г – карта суммарных толщин группы № 4

Она сложена осадками маршей и приморских болот, относящихся к *макрофашии заболачивающихся отложений*. Как правило, во всех скважинах в кровле и подошве этой группы прослеживаются угольные пласты толщиной до 1 м. Толщина отложений группы № 3 достигает 8,3 м в центральной части и постепенно снижается к периферии до 0,7 м (Рисунок 4.29).

Отложения *группы № 2* отражают этап повторного наступления моря и представлены глинистыми осадками маршей, входящих в состав *макрофашии заболачивающихся отложений*, и ракушняковыми отложениями, отнесенными к *макрофашии шеньеров*. Отложения групп №3 и №2 соответствуют перемычке

между продуктивными участками пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>. Мощность отложений изменяется от 1,4 до 5,5 м (Рисунок 4.30).

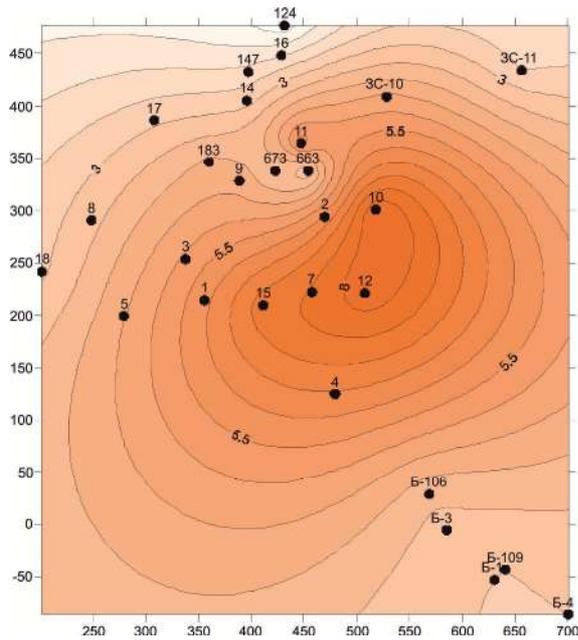


Рисунок 4.29 - Карта толщин отложений группы №3

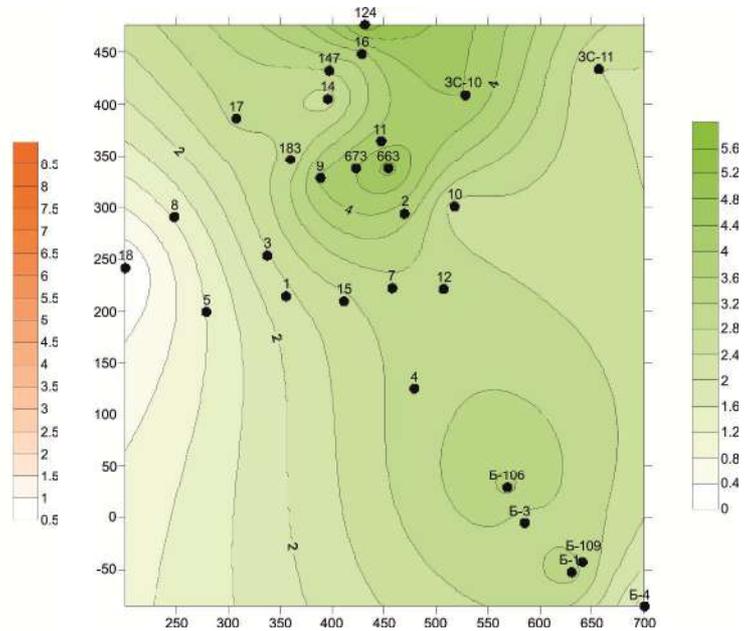


Рисунок 4.30 - Карта толщин отложений группы №2

**Группа № 1** накапливалась при продолжающейся трансгрессии и сложена в основном песчаными осадками приливных каналов и приливных отмелей, в северо-западной части Казанского месторождения также встречаются осадки баров дальней зоны. Они залегают на отложениях группы № 2 с размывом. Гидродинамические условия их формирования сходны с таковыми группы № 4, и также отнесены автором к *макрофации приливо-отливной зоны и макрофации баров дальней зоны*.

Песчаные отложения группы № 1 соотносятся с пластом Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>. В пласте Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> на поиски песчаных тел с благоприятными в фациальном отношении литологическими характеристиками отнесены зоны, формировавшиеся в условиях прибрежно-морской равнины с высокой и средней гидродинамической активностью среды осадконакопления – бары дальней зоны и приливные каналы. Как показывает карта толщин, такие зоны локализованы в северной части Казанского и на Западно-Сомовской площади (Рисунок 4.31). Максимальная общая толщина пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>

составляет 9 м в скв. 17Р Казанского месторождения, и с севера на юг постепенно уменьшается до полного её исчезновения в скв. 15Р Казанского и на Болтном месторождении.

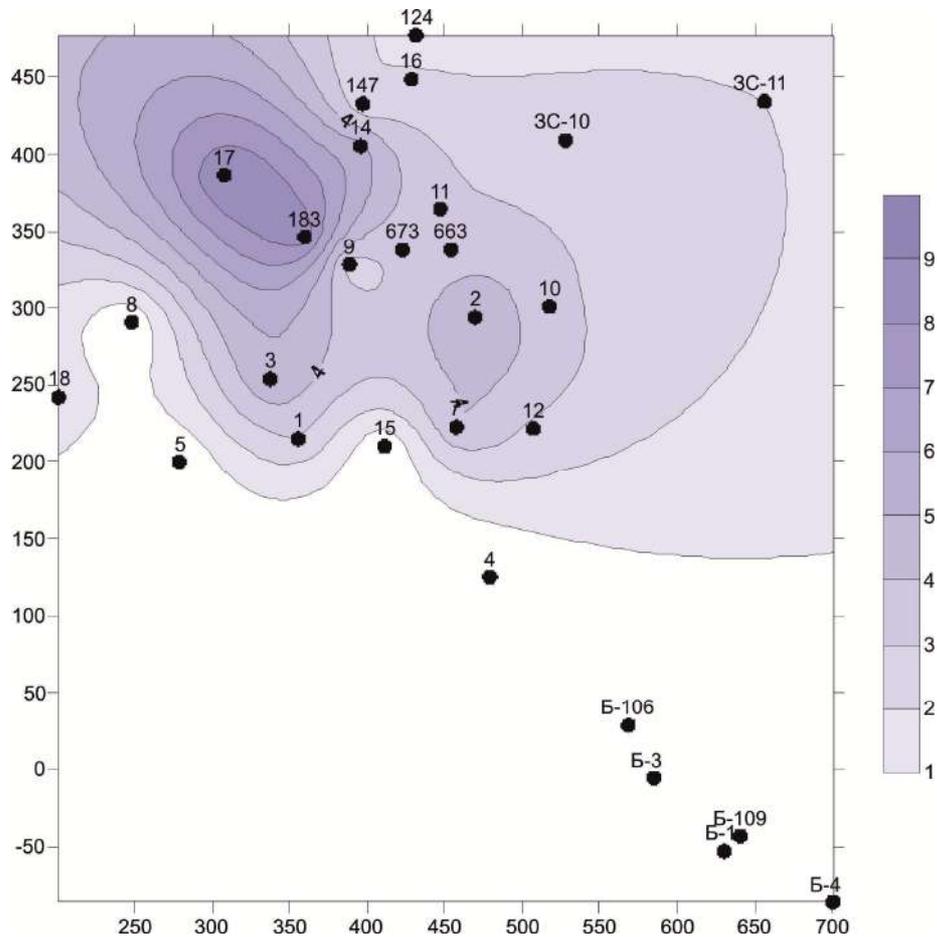


Рисунок 4.31 - Карта толщин отложений группы №1

Таким образом, выявленные прямым методом – с помощью фациального анализа продольно распиленного керна – существующие группы являются частью трансгрессивного циклита более крупного порядка, и в целом хорошо соотносятся с надугольной толщей. Некоторые исследователи считают, что на заключительном этапе формирования надугольной толщи отложения в области палеоподнятий были выведены на дневную поверхность и подвергнуты существенной денудации и на юге Казанской площади и Болтном месторождении. Однако, по керну отчетливо видно, что на Казанской и Западно-Сомовской площадях барабинская пачка (пласт Ю<sub>1</sub><sup>0</sup>) залегает согласно на группе № 1, размыва на данном участке не отмечается, следовательно, её размыв на Болтном месторождении исключается. Мож-

но предположить, что отсутствие отложений этой группы на юге Казанского и на Болтном месторождении произошло по причине восстановившегося наклона территории с юга на север.

Следует заметить, что в настоящее время на Болтном месторождении продуктивная часть пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, занимающая положение в составе группы № 4, проиндексирована как Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>. Пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> относится к отложениям морского генезиса, а по актуальным в настоящее время пластовым разбивкам на Болтном месторождении он представлен отложениями континентальной группы фаций, возрастные датировки которого соответствуют J<sub>3</sub>bt<sub>3</sub>-k1. Таким образом, индексация пластов, представляющих единые в генетическом и стратиграфическом плане тела, на Болтном и Казанском месторождениях не совпадает. В связи с этим предлагается провести переиндексацию пластов Болтного месторождения, как показано в Таблице 4.3 (Кравченко, Габова, 2016).

Таблица 4.3 - Индексация пластов на Болтном месторождении

Индекс пласта принятый		Индекс пласта предлагаемый на Болтном м-нии	Группа
На Казанском м-нии	На Болтном м-нии		
Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	-		1
		Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2
Ю <sub>1</sub> <sup>2</sup>	Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Ю <sub>1</sub> <sup>2</sup>	3
			4

История осадконакопления для верхней части васюганского горизонта на Казанской группе месторождений может быть проиллюстрирована схемой, приведённой на Рисунке 4.32. Данная схема составлена по методическим рекомендациям, изложенным в работах Е.Ю. Барабошкина (2005), Л.Н. Ботвинкиной (1957,1962, 1965), М.Р. Лидера (1986), Х. Рединга (1990), Г.-Э. Рейнека (1981) и др.

Осадконакопление изучаемого интервала разреза начинается с образованием континентальных отложений, соответствующих междугольной толще. Залегающие выше группы №1-4 накапливались в условиях начавшейся в среднем окс-

форде обширной трансгрессии, охватившей территорию всей Западной Сибири. Отличия в фациальном облике выделенных групп обусловлены колебаниями относительного уровня моря более мелкого порядка. В целом обстановки осадконакопления для них можно охарактеризовать как прибрежно-морские и мелководно-морские наиболее близкие к суше.



Рисунок 4.32 - Концептуальная схема изменения по группам обстановок осадконакопления для надугольной пачки Казанской группы месторождений

Для получения дополнительной информации о генезисе изучаемых отложений были сделаны множественные замеры косои слоистости песчаников пласта  $Ю_1^2$  (группа №4) в ориентированном палеомагнитным методом керне скважины № 147 Казанского месторождения. В песчаниках пласта  $Ю_1^2$ , в отличие от пласта  $Ю_1^1$ , для которого характерна биотурбация осадка и почти полное отсутствие косои слоистости, широко распространены разнообразные косослоистые текстуры. Их изучение по ориентированному керну позволяет определить точный азимут палеотечения для каждой конкретной точки наблюдения (Меркулов и др., 2017). Косые слойки во всех случаях будут наклонены в направлении движения среды, из которой выпадает осадок. Таким образом, изучение характера и ориентировки слоистости, сопровождаемое массовыми замерами, позволяет использовать получаемые результаты для палеогеографических реконструкций: судить о направлениях течений, местоположении области сноса, направлении наклона территории (Габова, 2015).

Для песчаников пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> были выполнены замеры элементов косо́й слоистости, видимых по керну, распиленному в двух продольных плоскостях.

Схема замера́емых на керне пространственных элементов приведена на Рисунке 4.33. Наличие двух (желательно перпендикулярных или близких к этому) продольных спилов керна (Рисунок 4.34) необходимо для снятия замеров углов наклона косо́й слоистости с двух проекций её плоскости. Это требуется для дальнейшего расчёта с использованием данных по пространственной ориентировке керна истинного азимута падения плоскости косо́й слоистости и угла падения косо́й слойков.

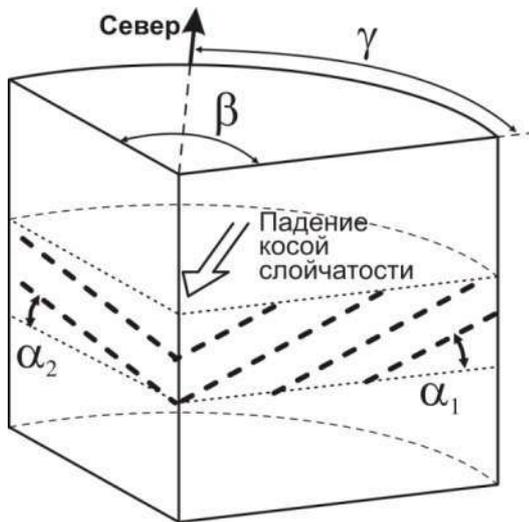


Рисунок 4.33. - Схема обозначения параметров косо́й слоистости в образце керна с двумя продольными спилами:  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - углы падения косо́й слоистости,  $\beta$  - угол между спилами 1 и 2,  $\gamma$  - угол между одним из спилов и севером

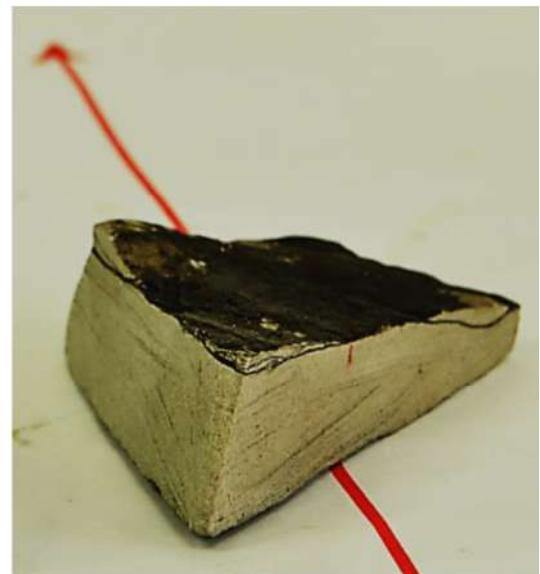


Рисунок 4.34. - Фото фрагмента керна с двумя продольными спилами, на плоскостях которых наблюдается косо́й слоистость. Красной стрелкой продублировано направление на север (отмечено на керне), определённое палеомагнитным методом. Контрастность изображения повышена

По результатам замеров были составлены розы-диаграммы для каждой из выделенных обстановок: на диаграммах откладывался процент встречаемости косо́й слоистых серий данного направления (Рисунок 4.35) (Кравченко, Габова, 2016).

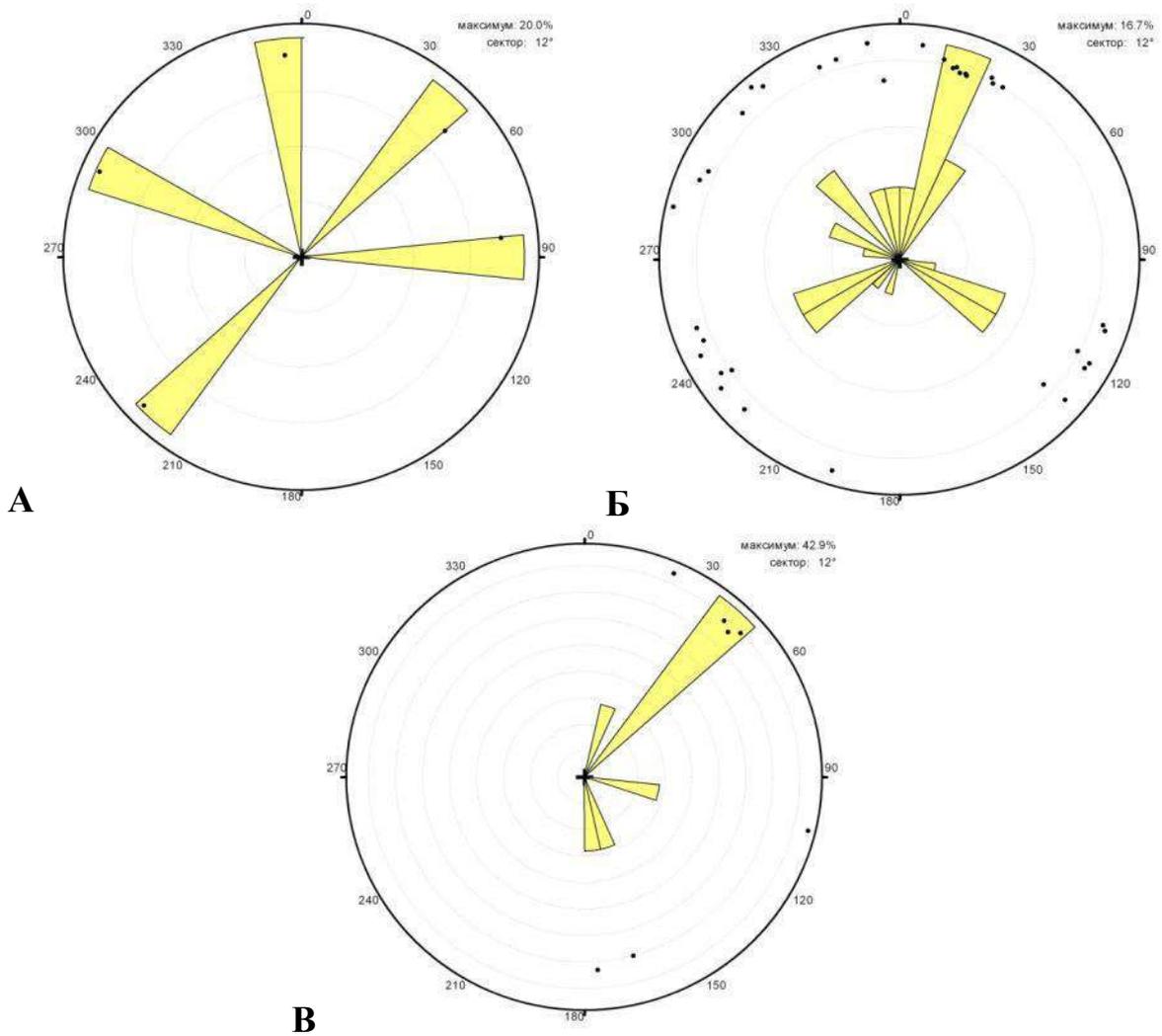


Рисунок 4.35 - Розы-диаграммы направлений падения плоскостей косо́й слоистости для фациальных обстановок:  
 А – бар дальней зоны;  
 Б – приливно́я отмель;  
 В – приливный канал

Обстановка формирования осадков бара дальней зоны характеризуется смешением различных систем течений, их неустойчивостью по направлению и во времени, и интенсивной волновой переработкой осаждаемого материала. Вследствие этого замеры косо́й слоистости, вынесенные на розу-диаграмму, представляют собой неупорядоченные (полимодальные) распределения (Рисунок 4.35 А).

Для отложений приливных каналов и отмелей характерна унимодальная роза-диаграмма наклона косо́й слоев (Рисунок 4.35 Б, В), что определяется относительной силой приливов и отливов, направленных как в сторону берега, так и от

него. По мнению В.А. Гроссгейма (Гроссгейм и др., 1984), по форме розы можно судить о рельефе дна бассейна осадконакопления. При плоском дне, т. е. при меньших скоростях донных течений, розы оказываются очень расплывчатыми, а течения очень изменчивыми. Смена направлений течений связывается в общем случае с азимутальным изменением наклона дна, вызываемым тектоническими подвижками. Выявленное в результате исследований кривой слоистости направление течения (север-северо-восточное) хорошо согласуется с направлением, установленным в ходе анализа карт толщин.

#### 4.4. Основные выводы по главе

Изучение генетических признаков пород, слагающих изучаемые отложения позволило выявить условия осадконакопления. В результате исследования выделены 6 макрофаций, объединяющих 13 литогенетических типов отложений. Также близкие по генезису отложения объединены автором в 4 группы.

Отложения *группы № 4* представляют собой преимущественно мелкопесчаные осадки, которые относятся к *макрофации приливно-отливной зоны и баров дальней зоны*. Песчаники приливного канала характеризуются разнонаправленной кривой слоистостью, осадки бара дальней зоны сложены средне-мелкозернистыми массивными песчаниками. Приливно-отливная отмель характеризуется присутствием в песчанике глинистых прослоев и многочисленных следов биотурбации.

*Группа № 3* в сравнении с нижележащей имеет регрессивную направленность процесса седиментации и отражает постепенное отступление моря с территории исследования. Она сложена осадками маршей и приморских болот, относящихся к *макрофации заболачивающихся отложений*.

Отложения *группы № 2* отражают этап повторного наступления моря и представлены глинистыми осадками маршей, входящих в состав *макрофации заболачивающихся отложений*, и ракушняками, отнесенными к *макрофации ше-*

*ньеров*. Отложения групп №3 и №2 соответствуют перемычке между продуктивными участками пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>.

*Группа № 1* накапливалась при продолжающейся трансгрессии и сложена в основном песчаными осадками приливных каналов и приливных отмелей, в северо-западной части Казанского месторождения также встречаются осадки баров дальней зоны. Гидродинамические условия их формирования сходны с таковыми группы № 4, и также отнесены автором к *макрофации приливо-отливной зоны и макрофации баров дальней зоны*.

На основе детального изучения керна надугольной пачки юго-восточной части Нюрольской впадины *предложен* авторский вариант седиментологической модели Казанской группы месторождений.

Впервые примененный на данном месторождении ориентированный палеомагнитным способом керн позволил *уточнить* наклон территории с юга на северо-северо-восток, а также *выявить* направления палеотечений.

На основании изучения 36 геофизических разрезов скважин, включая 29 разрезов с кернами литологического состава пород-коллекторов Казанской группы месторождений, на основе полученных результатов литолого-фациального анализа керна дана рекомендация о переиндексации пластов на Болтном месторождении.

Впервые полученные в результате проведенного геохимического анализа данные указывают на формирование отложений надугольной толщи в прибрежно-морских условиях окраинно-континентальной обстановки седиментации в гумидном климате.

Данные выводы подтверждают **2 защищаемое положение**: *формирование полифациальных отложений верхней юры происходило в условиях переходной зоны от суши к морю. Выделенные в разрезе 13 литогенетических типов отложений отнесены к 6 макрофациям и генетически соответствуют бассейново-мелководным, приливо-отливным и относительно глубоководным условиям седиментации.*

## ГЛАВА 5. ГЕОМЕТРИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Для повышения эффективности прогноза нефтегазоносности осадочных толщ большое значение уделяется вопросам строения природных резервуаров, качества коллекторов и флюидоупоров в них. В современном понимании *природный резервуар* – это часть нефтегазоносного комплекса, представляющая собой систему горных пород в пределах зоны профиля седиментации элементарного циклита (или нескольких соседних в разрезе циклитов), в которых могут реализовываться условия миграции и аккумуляции углеводородов. Он характеризуется следующими *показателями*:

- типом коллектора;
- соотношением коллектора с непроницаемыми (флюидоупорными) породами;
- емкостью;
- формой и условиями залегания;
- гидродинамическими условиями и пластовой энергией.

Природный резервуар, как правило, состоит из двух основных элементов: коллектора и ограничивающих его пород-флюидоупоров. На исследуемой территории природный резервуар относится к терригенному классу по литологическому составу слагающих его коллекторов и перекрывающего флюидоупора. Также он является полифациальным, за счет того, что осадки приливной отмели сменяются отложениями приливного канала и бара дальней зоны, а в совокупности формируют единую гидродинамическую систему. Фильтрационно-емкостные свойства и их изменчивость по разрезу и по площади определяются генезисом пород, образующих природный резервуар, то есть генетическим типом. Полифациальное строение природного резервуара говорит о его региональном распространении. По характеру взаимоотношения между элементами, образующими резервуар исследуемые отложения относятся к сложным резервуарам, поскольку представляют собой совокупность нескольких пластов-коллекторов ( $Ю_1^1$  и  $Ю_1^2$ ) и флюидоупоров (рисунок 5.1.).

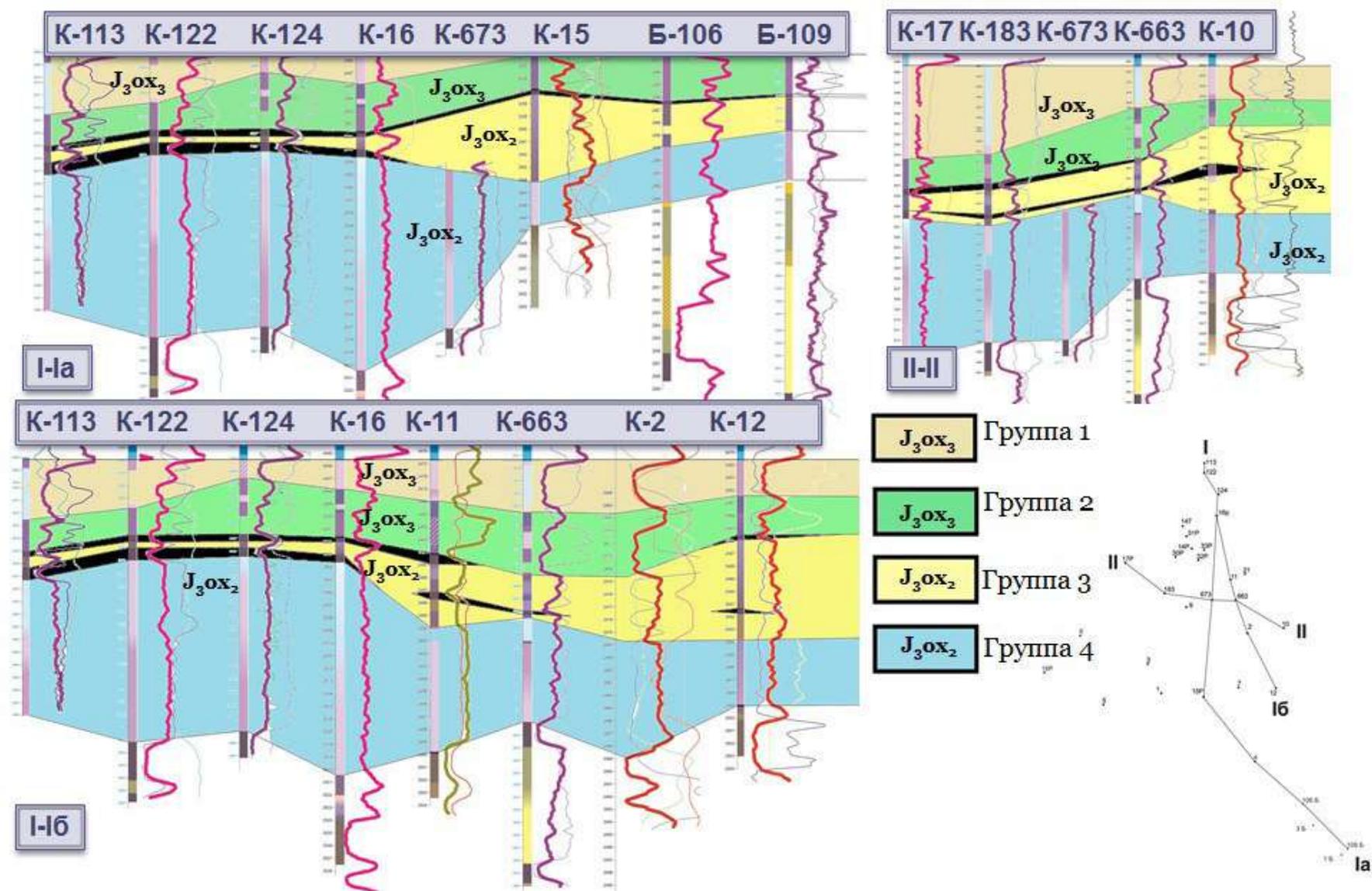


Рисунок 5.1 - Схема корреляции отложений надугольной толщи

Стоит отметить, что рассматриваемый резервуар относится к пластовому типу. Он состоит из сравнительно однородного пласта-коллектора, ограниченного на значительной площади в кровле и подошве плохо проницаемыми породами. Мощность коллектора более или менее выдержана на большой территории. При общем сохранении пластового характера наблюдается существенное изменение мощностей пластов  $Ю_1^1$  и  $Ю_1^2$  и даже полное выклинивание коллектора  $Ю_1^1$  на юге рассматриваемой территории. Сам коллектор в пластовом резервуаре литологически выдержан, его строение усложняется и приобретает линзовидный характер при появлении тонких глинистых прослоев, за счет смены обстановки седиментации и развития угольных пластов. Тем не менее, рассматриваемые продуктивные пласты характеризуются единой гидродинамической системой, в которой основным видом движения жидкостей и газов является латеральная миграция углеводородов.

### **5.1 Влияние седиментации на геометрию залежи**

Изучение влияния строения осадочных толщ на распределение в них залежей нефти и газа в ловушках различных типов позволяет значительно детализировать геолого-статические модели. Анализ условий формирования природных резервуаров, их классификация и типизация с учетом генетических и морфологических признаков представляет не только теоретический, но и, прежде всего практический интерес с точки зрения нефтегазопромысловой практики. Условия седиментации определяют геометрию песчаных тел, их размеры, распространение по площади и в разрезе, латеральную и вертикальную изменчивость, обуславливают литологические особенности пород, размерность и равномерность распределения компонентов, конфигурацию и размеры первичных пор (Селли, 1981; Буш, 1989; Конибер, 1979; Муромцев, 1981).

Выделение элементарных седиментационных циклов имеет принципиально важное значение в процессе построения геологической модели. Геологическая

модель состоит из нескольких седиментационных циклов, для каждого из которых определяется структура продуктивного пласта, геометрия коллектора и зоны его замещения и выклинивания. Мощность песчаных тел, их площадное развитие и форма в плане, внутреннее строение и природа контактов с вмещающими толщами закладываются обстановкой осадконакопления, предопределяющей объем коллектора и методику размещения скважин.

Когда погружение по отношению к уровню моря сопоставимо по интенсивности со скоростью аккумуляции, фациальные зоны остаются почти стабильными и песчаные тела разрастаются в вертикальной плоскости, в результате чего в какой-то мере сохраняются их седиментационные параметры длины и ширины. Таким образом, только в редких случаях первоначальная пространственная форма и размеры песчаных тел служат прямым нефтепоисковым признаком, когда они стабилизируются в течение какого-то отрезка геологического времени, как правило, вследствие быстрого погружения.

## **5.2 Факторы, определяющие внутреннюю архитектуру природных резервуаров**

Седиментологические факторы контролируют закономерности строения, условия формирования, размещение и качество резервуаров и покрышек, а также позволяют прогнозировать зоны развития коллекторов в нефтегазоносных бассейнах. В процессе формирования терригенных пород-коллекторов решающее значение имеют как условия образования осадков, так и вторичные постседиментационные преобразования пород. Формирование емкостного пространства пород происходило на всех стадиях литогенеза.

Проблемы преобразования осадочных пород рассматривались многими учеными (Сахибгареев, 1989, 1990; Страхов, 1960; Япаскурт, 1994, 2008). В изучение вторичных изменений мезозойских терригенных пород Западной Сибири большой вклад внесли Л.Г. Вакуленко (2001, 2004, 2006, 2008, 2009), Е.А. Жуковская

(2002, 2010), Г.Г. Кравченко (2010), Н.М. Недоливко (2002, 2003), Г.Н. Перозио (1960, 1966, 1967, 1971), Е.А. Предтеченская (2006, 2010), З.Я. Сердюк (2008), Ю.М. Столбов (2002), М.В. Шалдыбин (2002, 2005), П.А. Ян (2001, 2004, 2008, 2009) и многие другие. Стадиальные преобразования оказывают влияние в первую очередь на свойства минеральных компонентов породы, а через них на фильтрационно-емкостные свойства самих коллекторов.

Первичным седиментационным фактором является накопление осадка. Индивидуальная история почти каждой осадочной породы весьма длительна, осадочные породы практически постоянно меняются (Григорьев, Мякишев, 1969). Становление осадочных пород постепенное, они проходят много стадий образования и преобразования, начиная с мобилизации вещества для будущих осадков, его перемещения к месту отложения, самого процесса седиментации, или накопления осадка, чем заканчивается надстадия седиментогенеза (Заславский, 1983; Зорин, 1979; Наливкин, 1956).

Первичная седиментационная структура осадка предопределяет дальнейшее развитие постседиментационных процессов, что в совокупности окончательно формирует емкостные и фильтрационные свойства терригенных пород. На первичную пористость влияют все формы цементации, которые возникли в процессе осадконакопления. Первичные седиментационные факторы обусловлены средой седиментации, задающей первичную пористость осадков, характер распределения зерен, их форму, механические свойства и химическую стабильность исходных компонентов, а также природу и давление поровых флюидов. Пористость только что отложенного осадка зависит от следующих основных факторов: размерности зерен, формы зерен, сортированности, упаковки и степени окатанности.

Изучение вторичных изменений продуктивных отложений должно являться неотъемлемой составляющей современного литологического исследования, так как оно позволяет понять многие особенности стадийности процессов формирования залежи и преобразования осадочных горных пород, что имеет существенное значение при прогнозировании зон с улучшенными коллекторскими свойствами (Страхов, 1960).

### 5.3 Зависимость фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов от обстановок их формирования

Изучением влияния обстановок формирования алеврито-песчаных тел верхневасюганской подсвиты на их коллекторские свойства занимались многие исследователи (Вакуленко, Миткарев, 2006; Меркулов, Чернова, 2002; Недоливко, 2003).

В связи с формированием коллекторских свойств пород в стадию седиментогенеза следует отметить, что наилучшими коллекторами являются отложения прибрежно-морских обстановок: баров дальней зоны, приливных каналов и приливных отмелей, обуславливающие появление ловушек преимущественно *структурно-литологического типа*.

Для выполнения поставленных задач во всех скважинах проводилось выделение коллекторов в пластах Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и оценка их эффективных толщин проводилась по всему имеющемуся комплексу геофизических методов, в основном, с использованием прямых качественных критериев. К ним относились следующие признаки: уменьшение диаметра скважины вследствие образования глинистой или шламовой корки, наличие радиального градиента сопротивлений, измеренных зондами с разной глубиной исследований (микрокаротажное зондирование (МКЗ), боковой каротаж (БК)+боковой микрокаротаж (МБК), боковое каротажное зондирование (БКЗ) и др.), отрицательные аномалии ПС, уменьшение естественной гамма-активности, характерные показания на диаграммах акустического каротажа (АК), нейтронного каротажа (НК) и др. Плотные и углистые прослои выделялись по данным гамма-каротажа (ГК) и методам сопротивлений. В очень редких случаях, когда качественные признаки были нечетко выражены, выделенные по ГИС толщины коллекторов контролировались граничными значениями пористости, установленными по данным керна:  $K_{п,гр} = 12\%$  ( $K_{пр,гр} = 1 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ).

Для определения характера насыщения коллекторов пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> по данным ГИС было проведено сопоставление результатов поинтервальных испытаний пластов с их удельным электрическим сопротивлением и пористостью.

Каждый продуктивный пласт характеризуется наличием пород, перекрывающих его и служащих надежной крышкой для сохранения нефтяных залежей. Крышки представлены плотными непроницаемыми породами. Для нефтесодержащего пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> крышкой служат трансгрессивные кимериджские отложения георгиевской свиты, выделяющиеся во всех пробуренных скважинах и представленные песчаниками глинистыми, карбонатизированными. Отложения георгиевской свиты согласно перекрываются выдержанными по толщине волжскими глубоководными битуминозными аргиллитами баженовской свиты. Отложения свиты являются геологическим и геофизическим репером (Выполнить..., 2000; Выявление зон..., 2001).

Продуктивные пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> разделены между собой плотной перемычкой толщиной 2,0...5,2 м, представленной по керну алевритами, темно-серыми аргиллитами с пологонаклонной, параллельной, местами неясной слоистостью. По макроописанию керна пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> в пределах территории исследования в литологическом плане представлен песчаниками светло-серыми с буроватым оттенком, буровато-серыми, полимиктовыми, мелкозернистыми, слабо-, и крепкоцементированными, в основном с глинистым, реже с глинисто-карбонатным цементом. Песчаники характеризуются незначительной пиритизацией.

Для алеврито-песчаных пород-коллекторов, сформировавшихся в различных обстановках, были проанализированы основные характеристики фильтрационно-емкостных свойств (около 3000 определений пористости и проницаемости) пород. Результаты исследования керна, а также гидродинамические исследования скважин свидетельствуют о существенном различии главной фильтрационной характеристики - пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> - проницаемости. Кроме того, различаются и значения пористости пластов.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> (проницаемость, пористость) определялись по всем пробуренным на территории исследования скважинам. Открытая пористость пласта по керну изменяется в пределах 7-27%, при среднем значении 17%. Проницаемость в целом по пласту и в продуктивной части

меняется от 1,0 до  $2150 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$  (Лабораторно-аналитические исследования..., 2011, 2012; Комплексное исследование..., 2012-2013). Водоудерживающая способность коллекторов по керну определенная по данным капилляриметрии (последние точки) меняется в диапазоне 25,3-48,4% при среднем значении 33,4 %.

Пласт  $Ю_1^2$  по данным керна представлен песчаниками светло-серыми, средне-крупнозернистыми, крепкоцементированными карбонатным и глинисто-карбонатным цементом, и с запахом УВ. Фильтрационно-ёмкостные свойства пласта (проницаемость, пористость) определялись по керну всех скважин. Среднее значение открытой пористости составляет 16 % при диапазоне ее изменения от 12% до 22%. Значение проницаемости пласта в продуктивной части пласта изменяется от 1 до  $600 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ . Водоудерживающая способность пород в продуктивной части пласта составляет в среднем 47,1% при диапазоне изменения параметра 36,7-57,7% (Лабораторно-аналитические исследования..., 2011, 2012; Комплексное исследование..., 2012-2013).

Соответственно, на основе проведенного анализа, в каждом из пластов четко выделяются два типа коллектора с индивидуальными зависимостями фазовых проницаемостей: для пласта  $Ю_I^1$  (тип 1 – коллектора с пористостью 11...16%; тип 2 – коллектора с пористостью выше 17%) и для пласта  $Ю_I^2$  (тип 1 – коллектора с пористостью ниже 14%; тип 2 – коллектора с пористостью 15% и выше).

Песчаники пластов  $Ю_1^1$  и  $Ю_1^2$  являются коллекторами порового типа высокой, средней, пониженной и низкой емкости II, III IV и V класса соответственно (по классификации А.А. Ханина и М.И. Колосковой) (Ханин, 1969).

Полученные на образцах керна зависимости относительных фазовых проницаемостей приняты с учетом коррекции исходя из значений начальной нефтенасыщенности и принятых коэффициентов вытеснения. Итоговые зависимости относительных фазовых проницаемостей от водонасыщенности приведены на Рисунках 5.2 и 5.3.

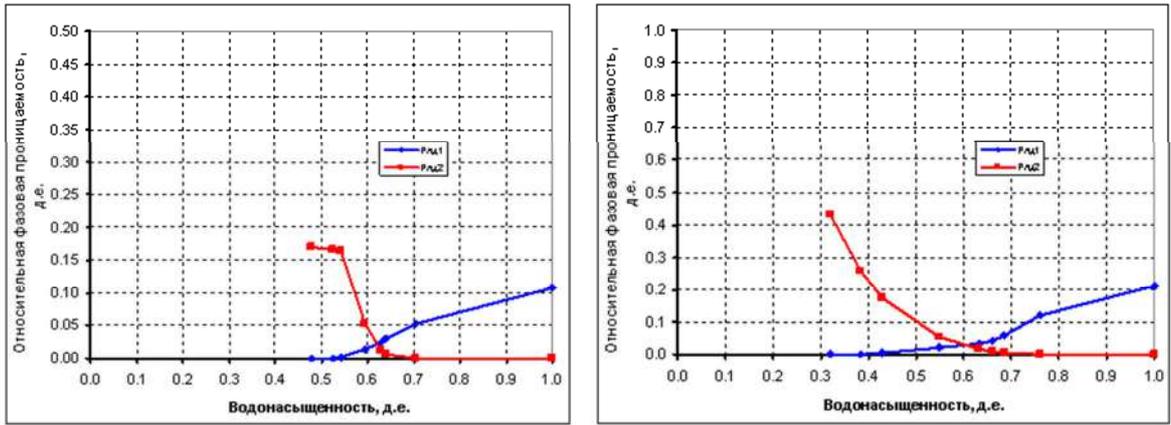


Рисунок 5.2 - Зависимости относительных фазовых проницаемостей от водонасыщенности для пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>: а) – тип 1; б) – тип 2

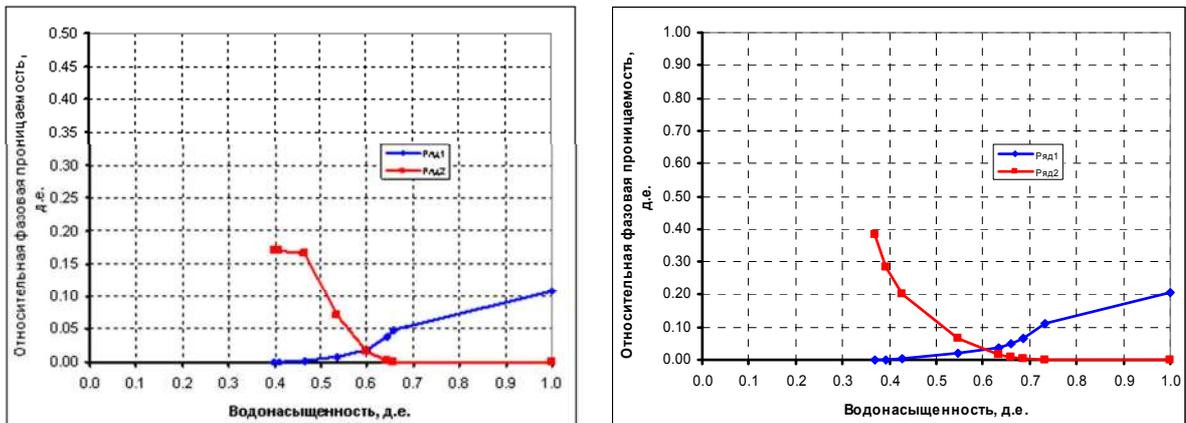


Рисунок 5.3 - Зависимости относительных фазовых проницаемостей от водонасыщенности для пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>: а) – тип 1; б) – тип 2

Для оценки зависимостей коллекторских свойств пород от обстановок их формирования были построены точечные диаграммы на которых по оси X откладывалось значение пористости и проницаемости, а по оси Y – глубина взятия образца на исследование (Рисунок 5.4.).

Фильтрационно-емкостные свойства пород напрямую зависят от среды, в которой они формировались. Поскольку в области бара дальней зоны и приливного канала песчаники подвергались наиболее интенсивному перемыву в процессе осадкообразования – они будут иметь лучшие коллекторские свойства из всех представленных в разрезе пород.

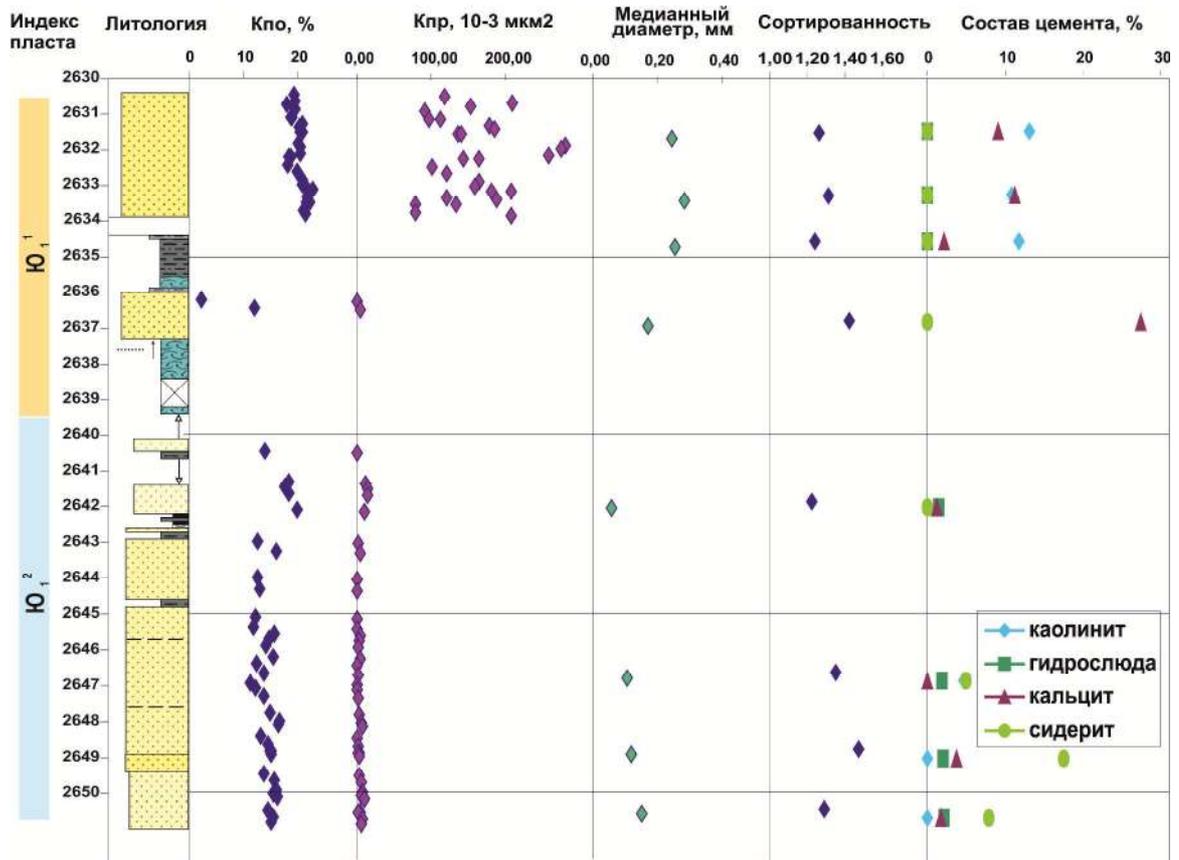


Рисунок 5.4 - Графики изменения литологических и петрофизических параметров с глубиной (Габова, 2013)

Чем больше осадочный материал подвергался высокой энергии обстановок в которых он был сформирован, тем более породы будут промыты и отсортированы, иметь более однородный состав из устойчивых минералов и жесткий скелет. Это позволяет им дольше сохранять свои первичные свойства в процессе преобразования осадка. Такие отложения, образовавшиеся в активных зонах, характеризуются высокими фильтрационно-емкостными параметрами, такими как пористость и проницаемость. Осадки приливной отмели (ватта) характеризуются меньшей пористостью и проницаемостью за счет повышенной глинизации в процессе образования осадка. Отложения ватта, в которых преобладают тиховодные течения, которые часто меняют направление, разделяют высокоэнергетичные по способу образования приливные каналы на изолированные системы. Если осадки образовались в низкоэнергетической среде, для них характерно присутствие повышенного содержания пластичных зерен, таких как обломков пород и слюд, ко-

торые сминаются по мере возрастания нагрузки на осадок, вследствие чего понижается пористость и значительно снижается проницаемость песчаника.

#### **5.4 Влияние седиментационных и постседиментационных преобразований на фильтрационно-емкостные свойства коллектора**

Для выяснения причины неравномерности распределения пористости и проницаемости по разрезу необходимо выявить зависимости этих свойств от *первичных и вторичных факторов*: зернистости пород, их степени сортированности и вещественного состава цемента. Для решения данной задачи были рассчитаны парные коэффициенты корреляции и построены диаграммы. Как показали исследования, характер ФЕС алевро-песчаных пород во многом определяется не только условиями осадконакопления, но и характером постседиментационных изменений.

К *первичным* факторам могут быть отнесены зернистость (медианный диаметр), сортированность, а также зрелость пород. Автором установлена положительная корреляционная связь между медианным диаметром зёрен с пористостью ( $K_{\text{корр}}=0,56$ , Рисунок 5.5) и с десятичным логарифмом проницаемости ( $K_{\text{корр}}=0,81$ ). Критическое значение  $K_{\text{корр}}=0,211$  (при  $P<0,05$ ). На изучаемом месторождении плохо отсортированные песчаники в отличие от хорошо отсортированных характеризуются меньшей пористостью и проницаемостью (Габова, 2016).

Автором отмечена прямая зависимость пористости от содержания обломочного кварца, выраженная в увеличении пористости с его возрастанием ( $K_{\text{корр}}=0,51$ , Рисунок 5.6), за счет того, что данный минерал образует своеобразный «каркас». Соответственно в более зрелых песчаниках пористость выше, и это положительно влияет на коллекторские свойства.

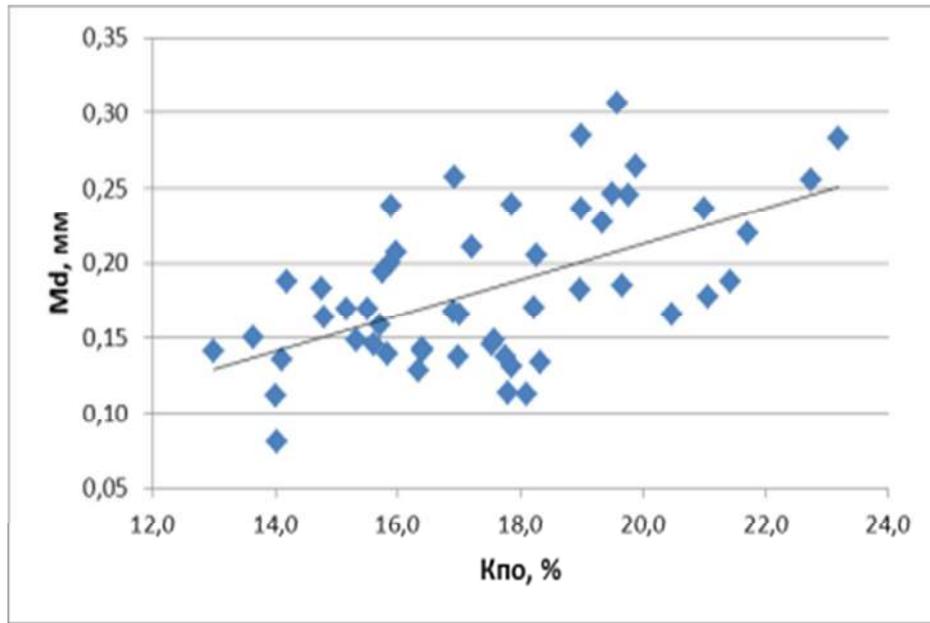


Рисунок 5.5 – График зависимости пористости от медианного диаметра зерен.  $K_{\text{корр}}=0,56$

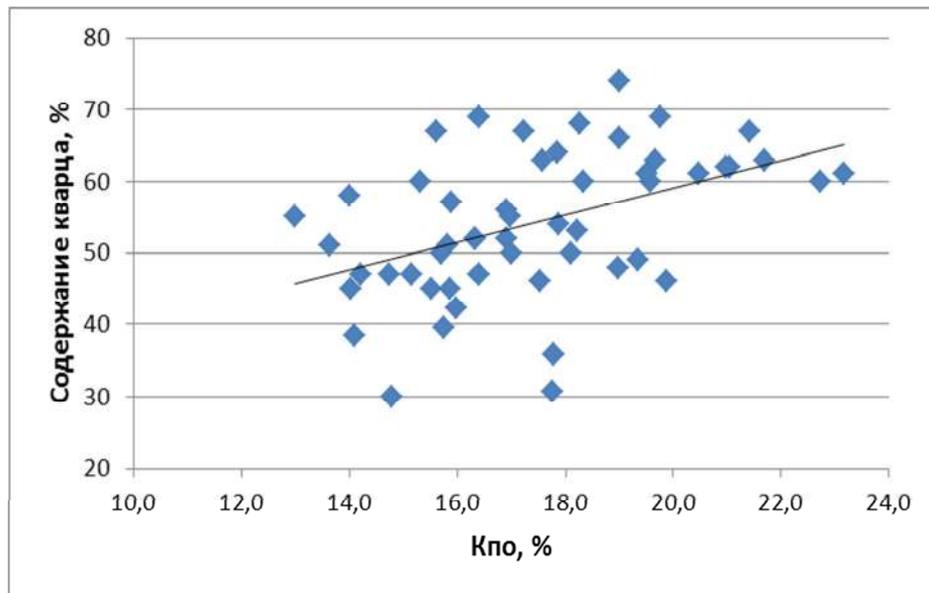


Рисунок 5.6 – График зависимости пористости от содержания обломочного кварца ( $K_{\text{корр}}=0,51$ )

С увеличением количества полевых шпатов и обломков пород ( $K_{\text{корр}} = -0,63$ ) пористость незначительно понижается, что характерно в основном для песчаников пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>.

Согласно исследованиям Р.С. Сахибгареева (1989), коллекторские свойства терригенных пород верхнеюрского возраста определяются вторичными процессами преобразования – постседиментационными изменениями - которые можно отнести в к процессам наложенного литогенеза. Такие процессы могут как увели-

чивать, так и уменьшать значения фильтрационно-емкостных параметров, поскольку в породах происходят минеральные преобразования. К числу постседиментационных процессов большинство авторов относятся растворение, перекристаллизация, каолинитизация, хлоритизация.

Под *вторичными* преобразованиями песчаных пород подразумеваются диагенетические и катагенетические процессы, контролируемые окислительно-восстановительными и кислотно-щелочными условиями. При изучении петрографических шлифов были отмечены минеральные индикаторы как диагенетической, так и катагенетической стадий литогенеза.

Для стадии *диагенеза* характерны изменения минерального состава, которые происходят главным образом из-за разложения органического вещества и появления восстановительной среды (Рухин, 1956). Согласно исследованиям О.В. Япаскурта (1994) с окислительным этапом диагенетической стадии связано появление в исследуемых отложениях глауконита, а с восстановительным – сыпи пирита, скоплений пелитоморфного сидерита (Рисунок 5.7) и пленок лейкоксена.

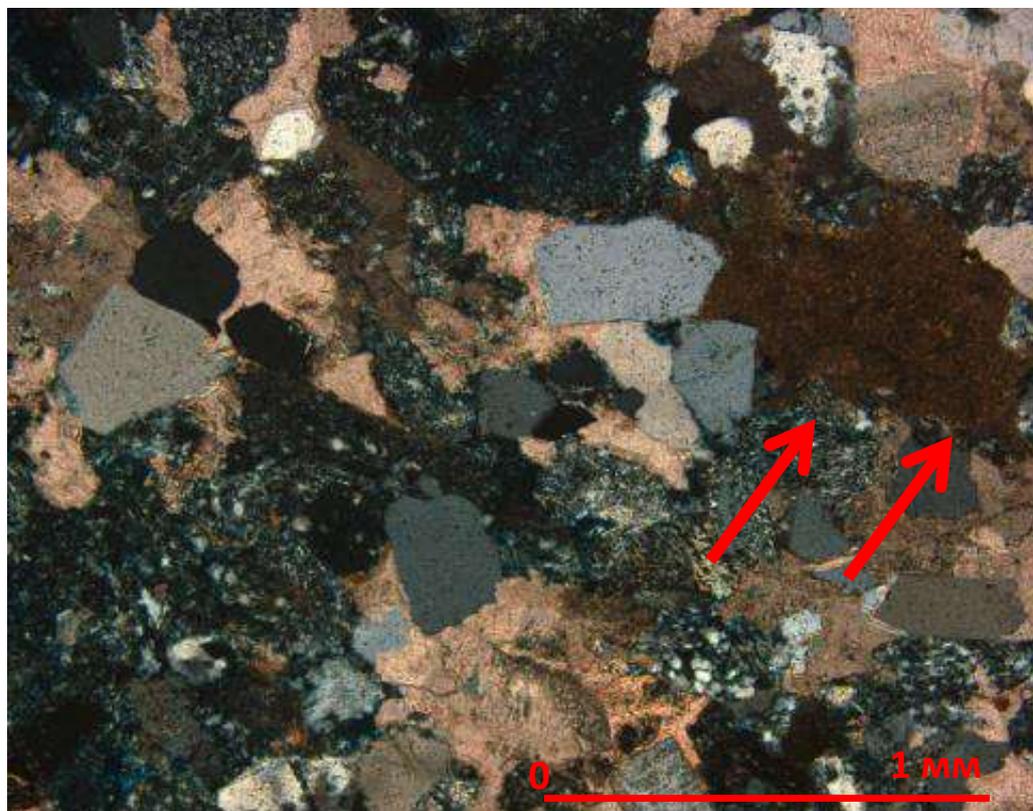


Рисунок 5.7 – Скопление пелитоморфного сидерита (показано стрелкой) (скв. 10 Западно-Сомовской площади, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, глубина – 2912,15 м. Николи X)

В стадию раннего диагенеза по Л.В. Пустовалову (1940) происходит образование конкреций, перекристаллизация осадка, переход минералов из одной, менее устойчивой модификации в другую, более устойчивую модификацию, извлечение растворимых солей и удаление малоустойчивых минералов, обезвоживание осадка и его цементация. Часты переходы минералов в более устойчивые модификации: арагонита – в кальцит, марказита - в пирит. Вследствие взаимодействия между собой составных частей осадка и органического вещества из бурых окислов железа может образовываться сидерит (Рисунок 5.8). Образования раннего катагенеза во многом унаследованы от диагенетических, но они продолжают их на качественно новой основе.

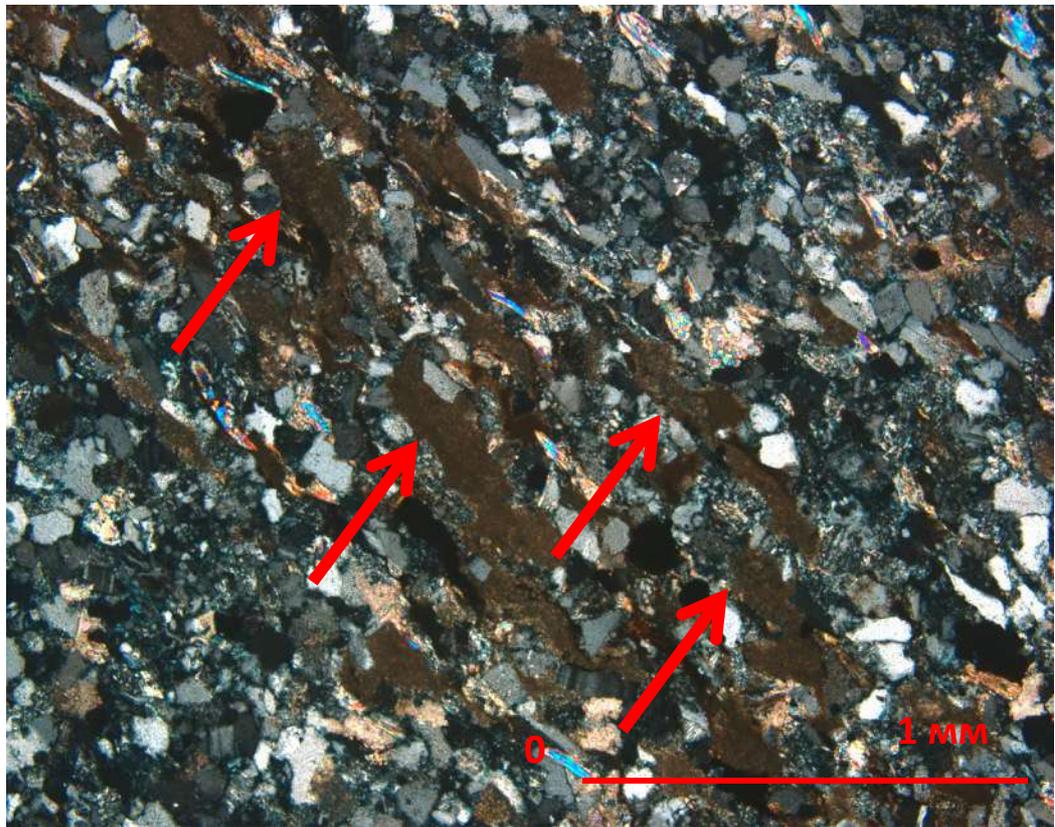


Рисунок 5.8 - Скопления пелитоморфного сидерита в ассоциации с органическим веществом (показано стрелками)  
(скв. 106 Болтного месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, глубина 2499,40 м. Николи X)

По мнению Н.В. Логвиненко и Л.В. Орловой (1987) мелкие выделения пирита в основной массе глинистых и карбонатных пород, шарики радиально-лучистого строения, псевдоморфозы по органическим остаткам выделяются глав-

ным образом в стадию диагенеза, а зернистые выделения и кристаллы в пустотах и трещинах являются более поздними образованиями (Рисунок 5.9).

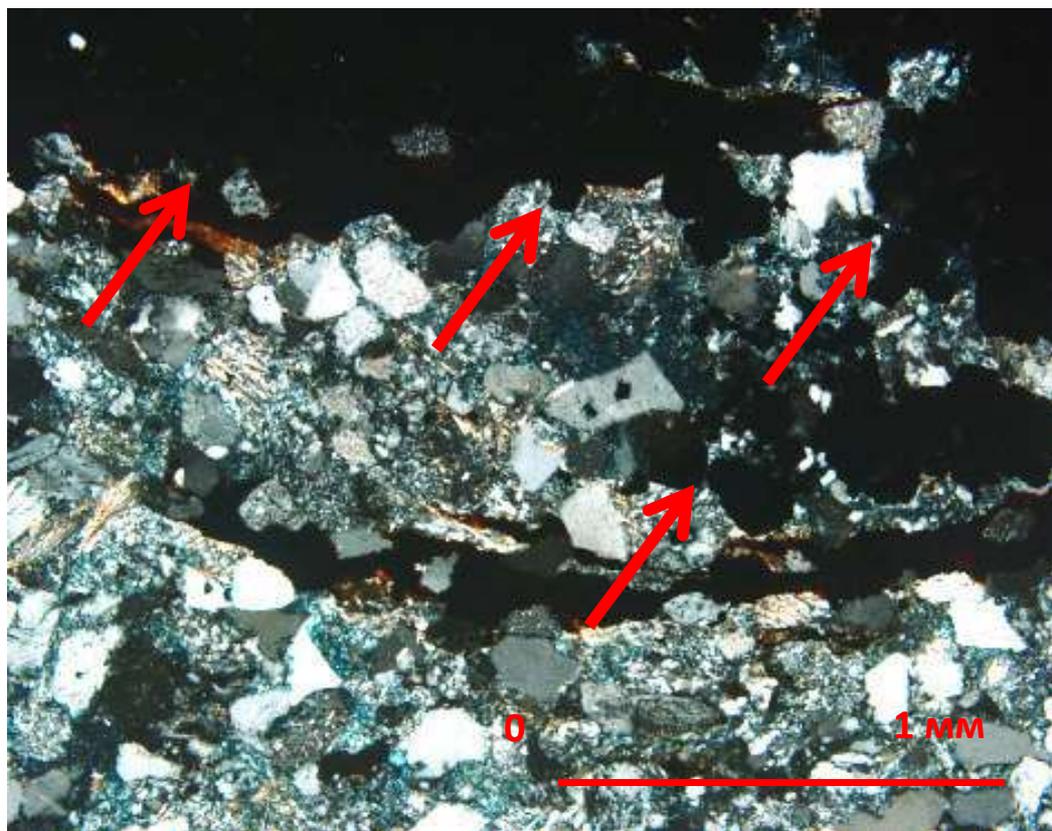


Рисунок 5.9 – Кубические кристаллы пирита, распределенные в виде мелкой сыпи в песчанике (показано стрелками) (скв. 122 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, глубина по ГИС – 2525,01 м. Николи X)

На этапе раннего катагенеза происходит коррозия и растворение неустойчивых минералов: возрастает количество пор растворения ПШ (Рисунки 5.10-5.11) и обломков пород (Рисунок 5.12), что в целом положительно сказывается на коллекторских свойствах пород. Такие поры имеют название вторичных пор растворения. С интенсивным растворением полевых шпатов и обломков пород, широким развитием вторичных пор, образованием межзерновых пор, развитием микропористости внутри обломков связаны структурные преобразования песчаника. Участки растворения приобретают неровную угловатую выпукло-вогнутую поверхность.

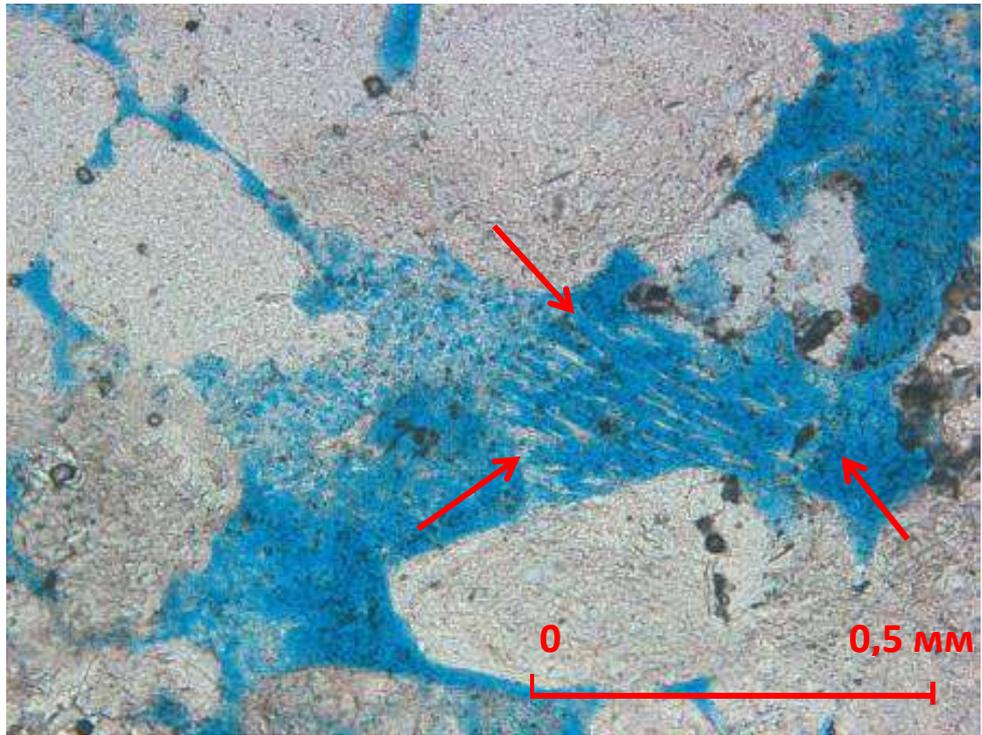


Рисунок 5.10 – Поры растворения полевых шпатов (показаны стрелками)  
(скв. 663 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина - 2633,49 м. Николи II)

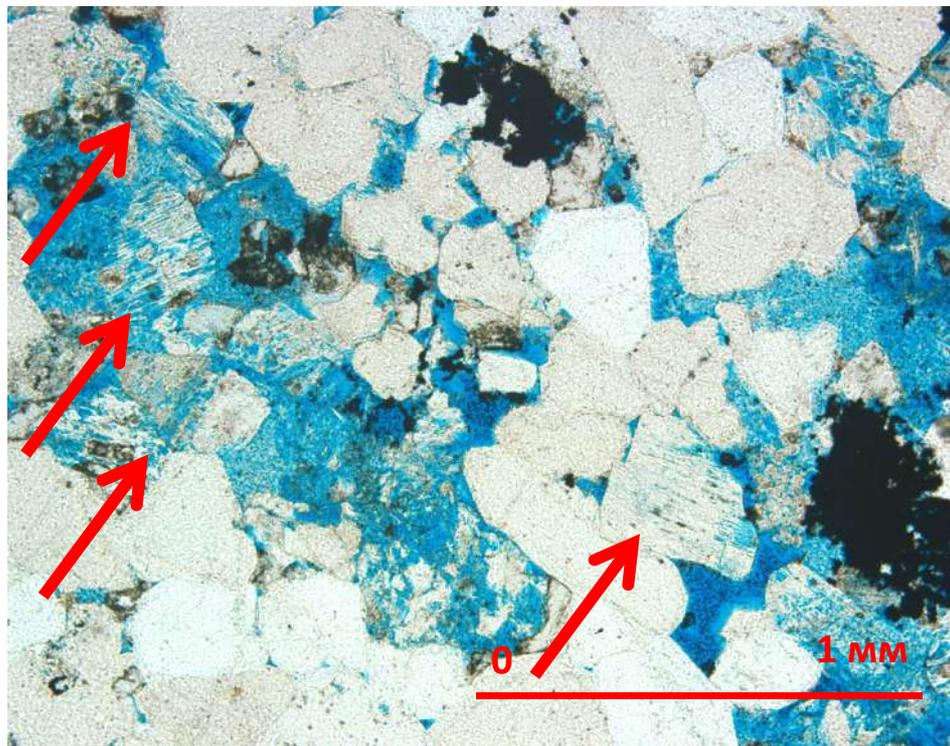


Рисунок 5.11 - Поры растворения полевых шпатов (показаны стрелками)  
(скв. 663 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина - 2631,56 м. Николи II)

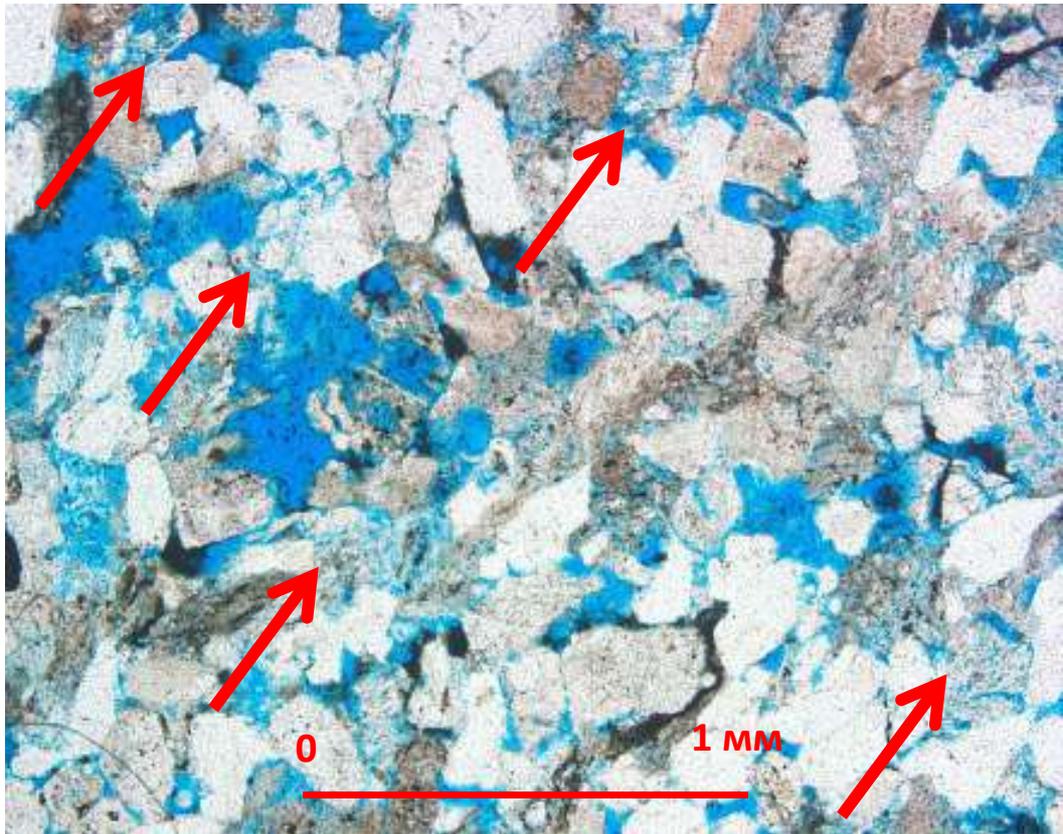


Рисунок 5.12 – Поры растворения обломков пород (показаны стрелками)  
(скв. 14 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, глубина – 2508,43 м. Николи II)

Обломки полевых шпатов одновременно с растворением на межзерновых контактах подвергаются в зоне эпигенеза дальнейшей пелитизации и каолинитизации. При более интенсивной пелитизации полевые шпаты легко деформируются и, вжимаясь в поровое пространство, переходят в цемент. Такая перестройка первоначального строения обломочного скелета может сопровождаться значительными осложнениями структуры межзернового пустотного пространства и уменьшением объема пор, что в конечном итоге влияет на проницаемость коллектора (Сахибгареев, 1989).

На исследуемой территории обломки ПШ и слюд подвергаются процессу слабой гидрослюдизации, и, как следствие, превращаются в гидрослюду, что отрицательно влияет на фильтрационно-емкостные свойства (Рисунки 5.13-5.14). Мелкие размеры и пластичная форма чешуек гидрослюды способствуют формированию упорядоченного по строению типа цемента, что отражается на проницаемости песчаников.

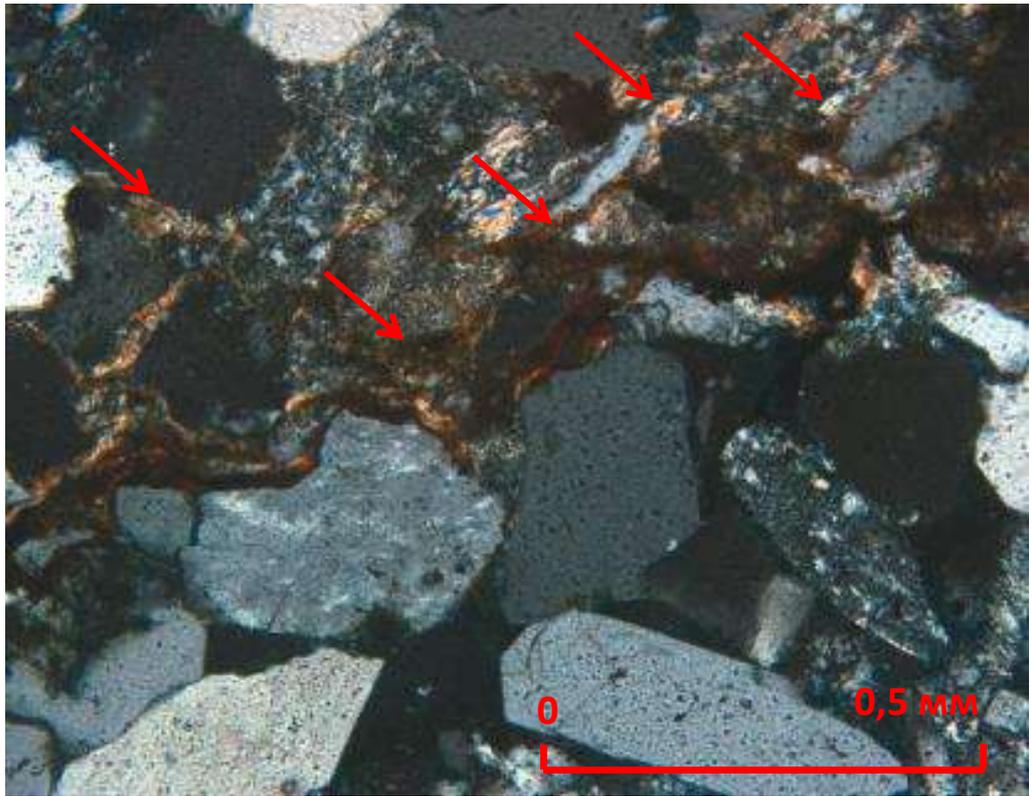


Рисунок 5.13 – Пленочно-поровый гидрослюдястый цемент (*показан стрелками*) в ассоциации с органическим веществом (скв. 122 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, глубина -2511,77 м. Николи X)

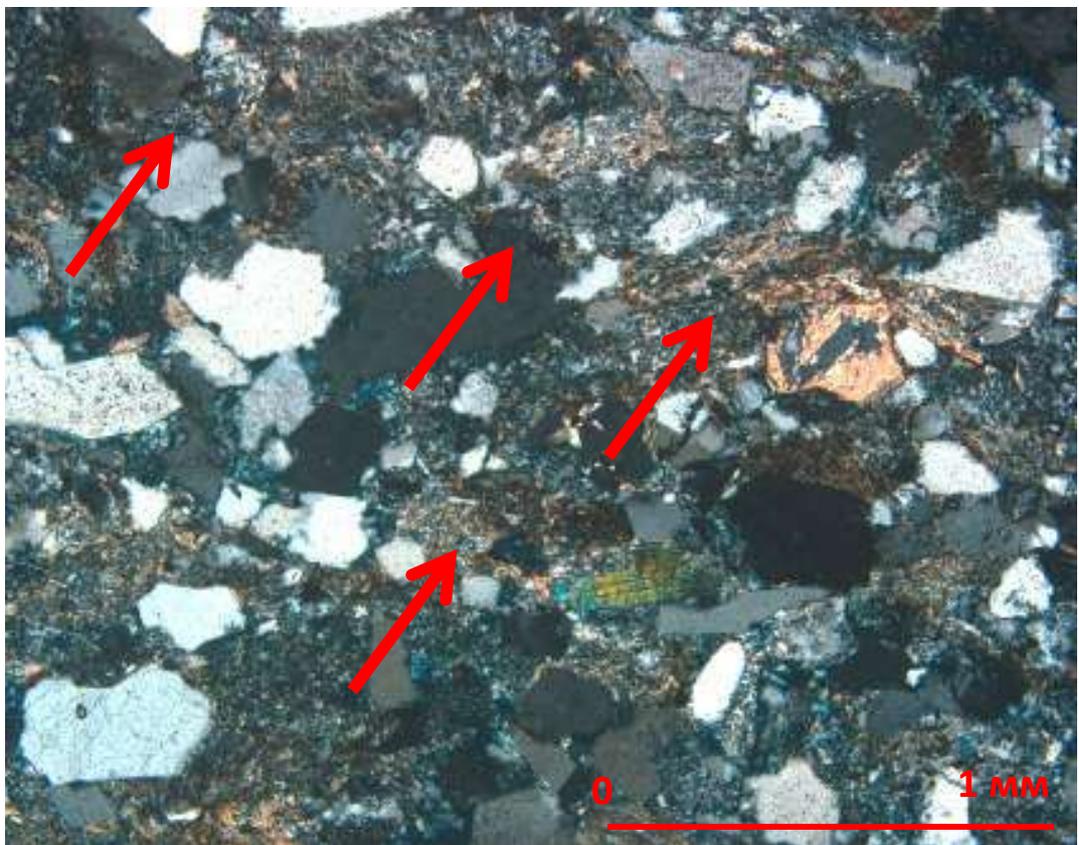


Рисунок 5.14 - Пленочно-поровый гидрослюдястый цемент (*показан стрелками*) (скв. 15-Р Казанского месторождения, глубина 2577,04 м, Николи X)

Для песчаников изучаемых пластов этап глубинного катагенеза характеризуется широким развитием регенерационных каемок кварца (Рисунок 5.15). При растворении в песчано-алевритовых породах минеральных обломков на стыках и при разложении освобождается кремнезем, который, претерпев те или иные процессы перераспределения, частично отлагается на обломочных зернах в виде новообразованных регенерационных каемок, что способствует увеличению диаметра кварцевых зерен.

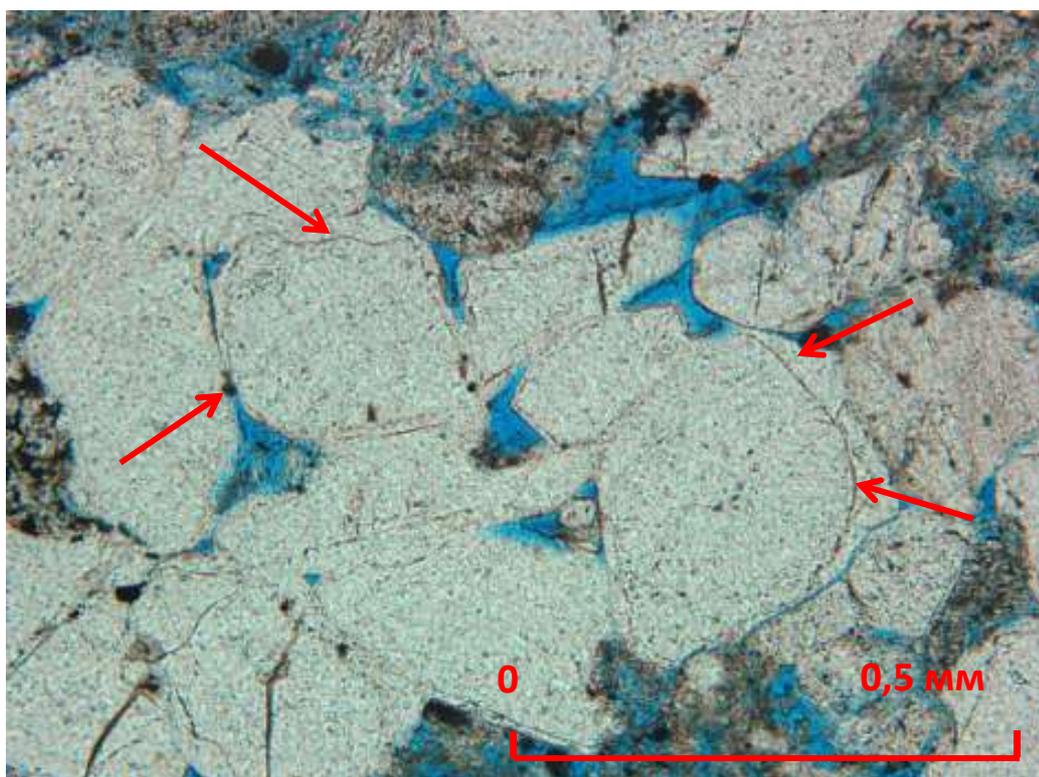


Рисунок 5.15 – Регенерационные каёмки на кварцевых зернах (показаны стрелками) (скв. 113 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина по ГИС 2572,96 м. Николи II)

Главным процессом стадии глубинного катагенеза является уплотнение, которое приводит к исчезновению пористости. Оно возникает прежде всего механическим способом при помощи сжатия пластичных зерен вокруг крепких. Широко развиваются структуры растворения и внедрения под давлением (конформные и инкорпорационные) (Рисунок 5.16).

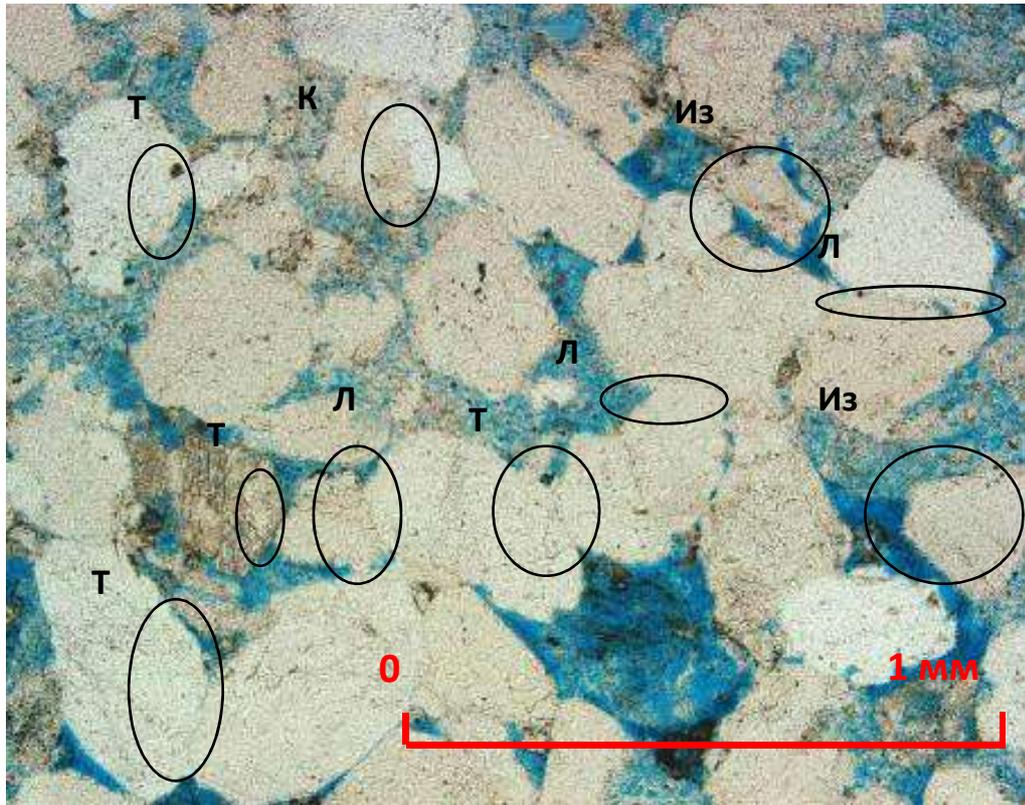


Рисунок 5.16 Различные типы межзерновых контактов в мелкозернистом песчанике: Т-точечные, Л-линейные, К-конформные, Из-изолированные ( скв. 663 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина по ГИС 2633,50 м. Николи II)

Большое влияние на проницаемость оказывает состав глинистых минералов. По мнению С.И. Харченко (2003), основная закономерность высокопроницаемых коллекторов – преобладание в составе глинистого цемента эпигенетического порового каолинита. С понижением проницаемости коллекторов количество каолинита падает, а других минералов (гидрослюды, хлорита) увеличивается. Количество хлорита, согласно результатам проведенного в Лаборатории седиментологии рентгенофазового анализа (Комплексные..., 2009), варьирует в пределах 9...12 %. Хлорит образует окристаллизованные частицы, которые наблюдаются в песчаниках в виде пленок и каемок на обломочных зернах, что говорит о связи его формирования со вторичными преобразованиями песчаника.

Характерной чертой стадии катагенеза на рассматриваемых автором месторождениях является образование большого количества порового микрокристаллического каолинита, который, образуя микропоры, положительно влияет на коллекторские свойства песчаников (Рисунки 5.17, 5.18).

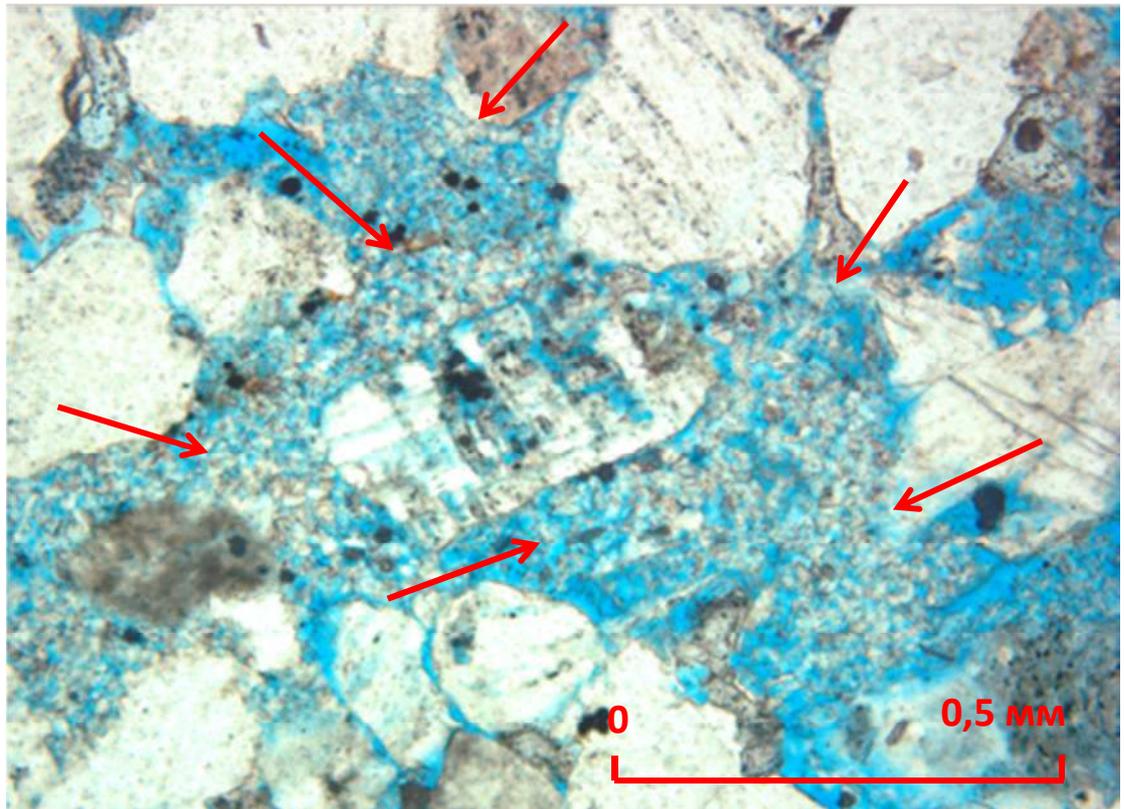


Рисунок 5.17 – Микropopы в каолиновом цементе (показаны стрелками)  
(скв. 113 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина -2576,25 м. Николи II)

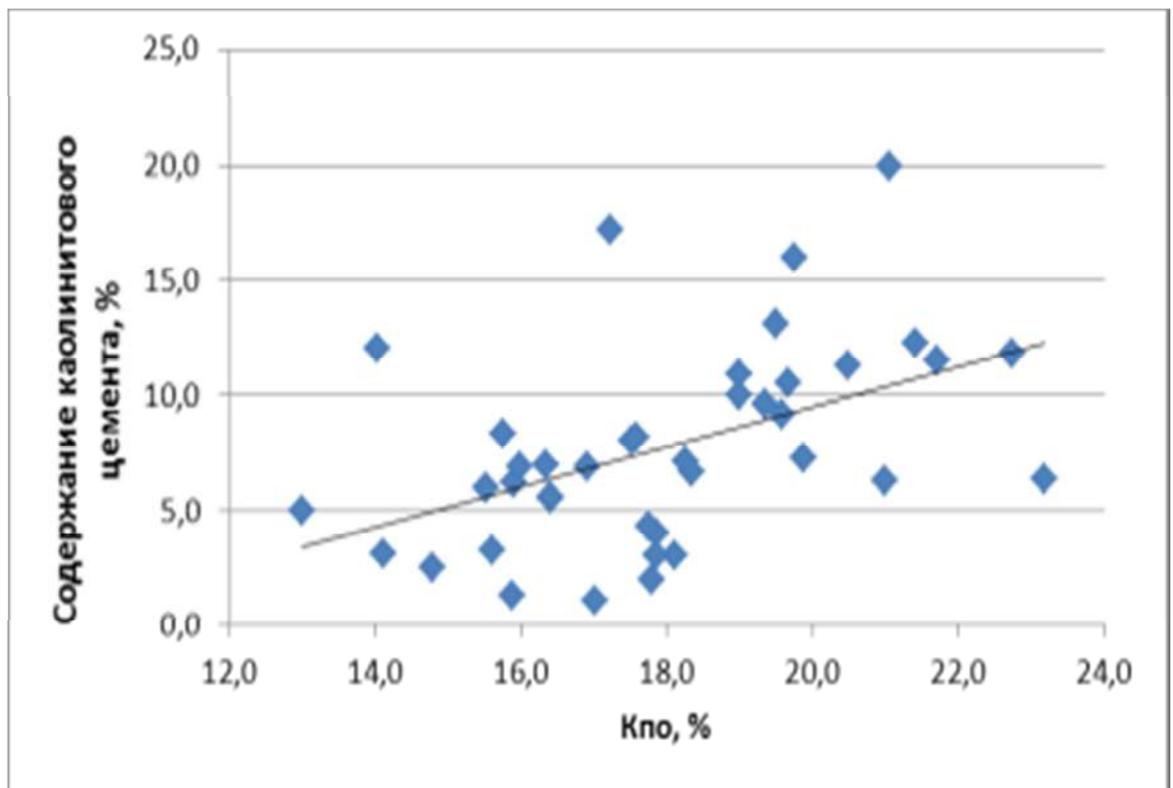


Рисунок 5.18 – График зависимости пористости от содержания каолинового цемента.  $K_{корр}=0,48$

Агрегаты микрокристаллического каолинита играют роль мелкоалевритовых зерен. Каолинит оказывает наименьшее влияние на снижение проницаемости коллектора. Каолинит, по данным микроскопического исследования шлифов, образует кристаллы со сглаженными углами. Такие агрегаты возникают на месте растворяющихся зерен полевых шпатов, следовательно, его происхождение признано вторичным.

На этапе позднего катагенеза происходит также образование коррозионного кальцитового цемента (Рисунок 5.19), который, заполняя поровое пространство, оказывает отрицательное влияние на параметры пористости и проницаемости.

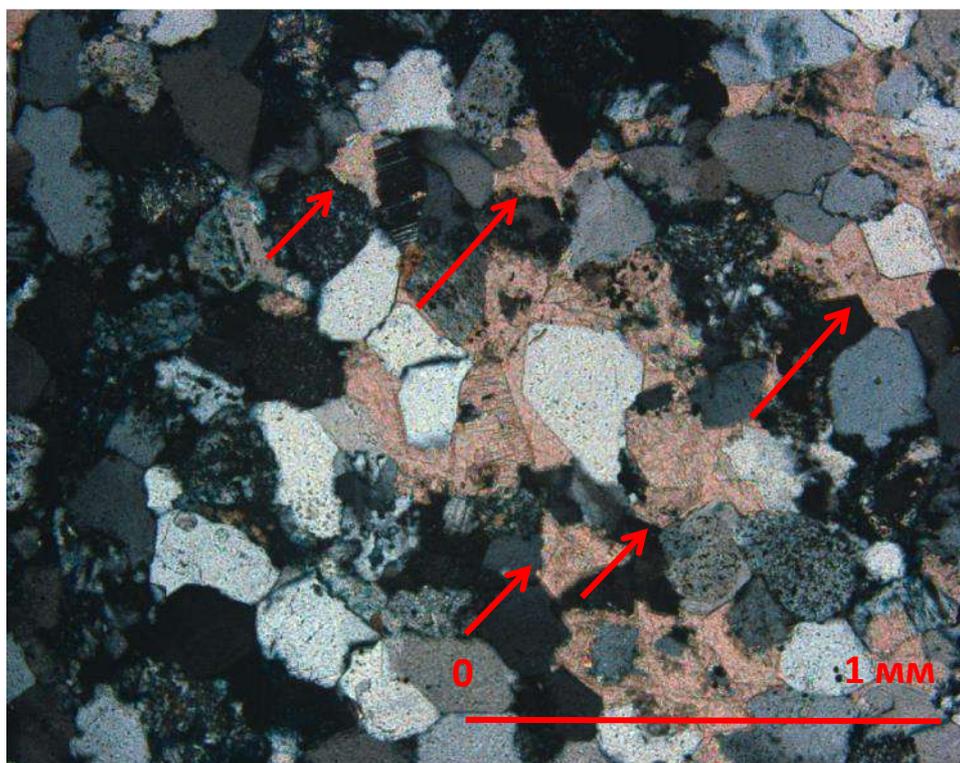


Рисунок 5.19 – Коррозионный кальцитовый цемент (показан стрелками)  
(скв. 124 Казанского месторождения, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, глубина -2880,32 м. Николи X)

В результате исследования вещественного состава породообразующей части и цементирующего материала продуктивных пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> установлена зависимость коллекторских свойств пород как от первичных (седиментационных), так и вторичных (постседиментационных) факторов.

Сравнительный анализ литологических особенностей пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> показывает (Таблица 5.1), что они заметно отличаются друг от друга, и прежде

всего, минералогическим составом – отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> являются существенно более «зрелыми», что положительно влияет на коллекторские свойства.

Таблица 5.1 - Сравнительная таблица основных литологических характеристик песчаников пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> (Габова, 2013)

свойства песчаников		Среднеарифметическое значение по пласту	
		Ю <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Ю <sub>1</sub> <sup>2</sup>
средневзвешенный диаметр, мм		0,29 (0,17...0,42)	0,18 (0,10...0,27)
сортированность		1,37	1,88
состав, %	кварц	67 (60...75)	44 (19...69)
	ПШ	18 (13...24)	24 (12...36)
	ОП (включая слюды)	15 (7...24)	29 (15...43)
размер пор, мм		0,25 (0,01...0,50) единично 0,7...1,0	0,13 (0,02...0,25) единично до 0,35
цемент, %	кальцитовый	1,45 (0,8...2,1)	1,10 (0,4...1,8)
	каолининовый	9,80 (2,4...17,2)	4,95 (0,3...9,6)
	гидрослюдистый	3 (0,6...5,4)	7,0 (1,0...13,0)
	сидеритовый	1,3 (0,5...2,1)	1,95 (0,1...3,8)
	хлоритовый	0,85 (0,5...1,2)	0,90 (0,3...1,5)
тип цемента		поровый, пленочно-поровый	поровый, пленочно-поровый
органическое вещество		1 (0,5...1,5)	1,05 (0,1...2,0)
микротекстура		однородная	ориентированная, однородная
Пористость (по шлифам), %		15,6 (8,3...22,9)	11,05 (5,3...17,0)
<u>Примечание.</u> В скобках указаны максимальные и минимальные значения			

В то же время однообразный состав обломков пород в исследуемых пластах указывает на постоянный источник сноса в процессе седиментации. Кроме изменения в составе, замедление седиментации привело к некоторому увеличению зернистости песчаников пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, улучшению их сортированности, изменению состава и типа цементов, что способствовало преобразованию структуры порового пространства. Это, в свою очередь, и стало основной причиной улучшения пористости и проницаемости пород пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>.

Другой причиной улучшения фильтрационно-емкостных свойств являются вторичные изменения, которые наблюдаются в виде повышения доли каолинита в цементе, перекристаллизации каолинита, частичного растворения полевых шпатов, и, как следствие, повышения числа межзерновых сообщающихся пор. Ухудшение коллекторских свойств связано с повышенным количеством сидерита и гидрослюдистого цемента в межзерновом пространстве. Следует отметить, что данные выводы сделаны на основании качественной оценки шлифового материала.

### **5.5 Прогноз зон распространения коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными параметрами**

Фациальная неоднородность исследуемых отложений по вертикали и по латерали предопределила изменчивость фильтрационно-емкостных свойств по разрезу и по площади. В результате исследований установлено, что коллекторские толщи сформировались в прибрежно-морских условиях в области повышенной активности гидродинамического режима, где основными движущими силами являлись приливно-отливные течения и волнение моря. Породы-коллекторы распространены повсеместно на территории исследования и приурочены к надугольной пачке верхневасюганской подсвиты. Распределение пород-коллекторов по площади и разрезу равномерное, обусловленное весьма стабильной глубиной морского бассейна на период седиментации.

На основе проведенных детальных литогенетических, палеогеографических и петрофизических исследований, в результате анализа фильтрационно-емкостных параметров были построены *прогнозные карты* зон развития коллекторов надугольной пачки месторождений Казанской группы, расположенных в юго-восточной части Нюрольской мегавпадины (Рисунки 5.20-5.21) для позднего ( $J_3ox_3$ ) и среднего ( $J_3ox_2$ ) оксфорда (пласты  $Ю_1^1$  и  $Ю_1^2$  соответственно).

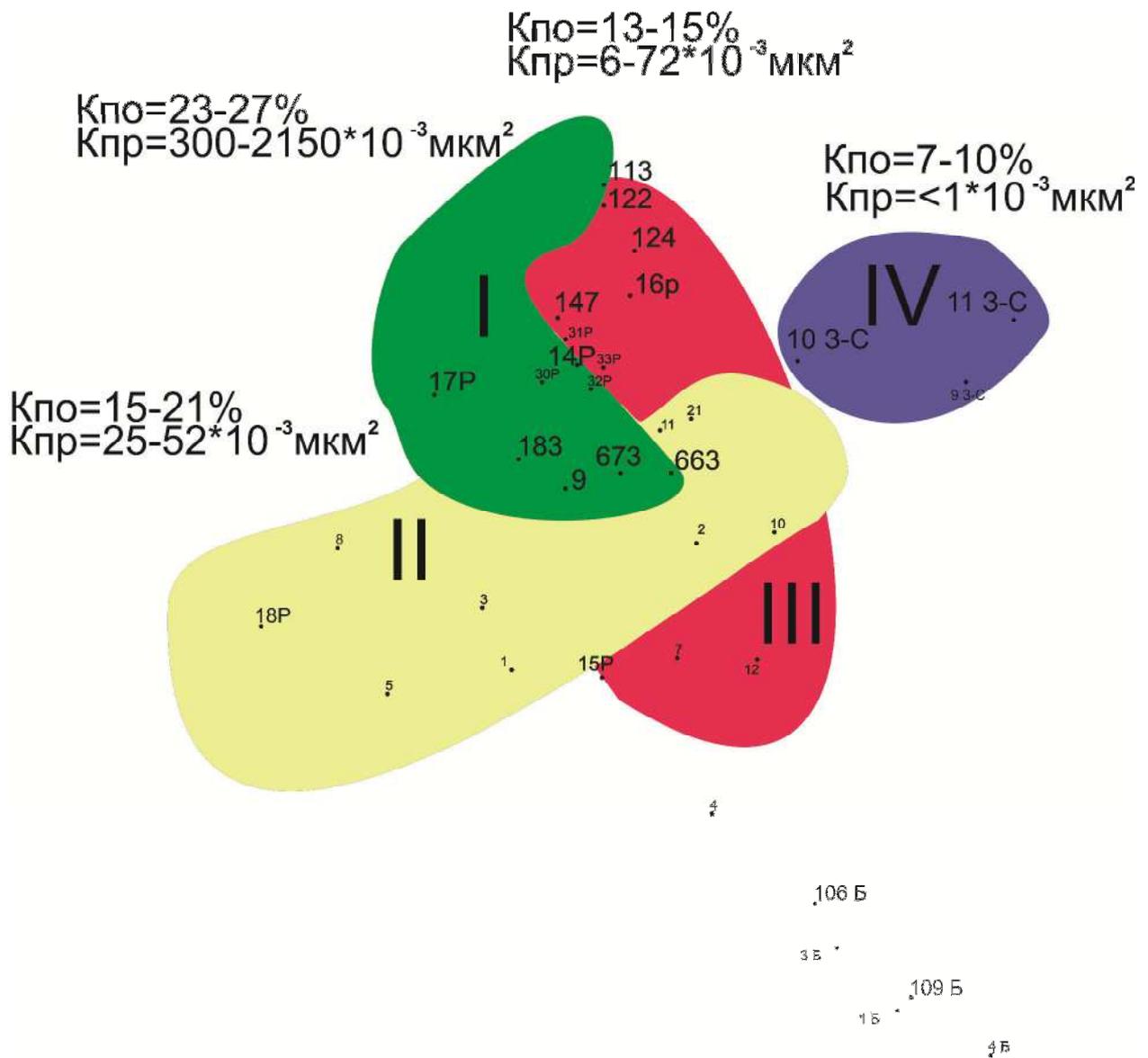


Рисунок 5.20 - Площадное распределение фильтрационно-емкостных параметров пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>

Сложный характер изменчивости петрофизических параметров по площади и по разрезу является прямым следствием их литологической и фациальной неоднородности. Пространственное распределение коллекторских свойств для пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> (Рисунок 5.20) показывает увеличение её значений в северо-западной части территории исследования (I тип) ( $K_{по}=23-27\%$ ,  $K_{пр}=300-2150 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ). Незначительно уменьшаются фильтрационно-емкостные параметры на западе, в центральной части и по направлению к северо-востоку (II тип) ( $K_{по}=15-21\%$ ,  $K_{пр}=25-52 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ). В северной и восточной части характерны еще более низкие значения фильтрационно-емкостных параметров (III тип) ( $K_{по}=13-15\%$ ,  $K_{пр}=6-72 \times 10^{-3}$

мкм<sup>2</sup>). На территории Западно-Сомовской площади прослеживаются очень низкие значения пористости и проницаемости ( $K_{по}=7-10\%$ ,  $K_{пр}<1 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>) (IV тип), вероятно, за счет вторичного минералообразования.

Для пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> наиболее перспективные участки выделяются в северо-западной и северо-восточной части территории (I тип) ( $K_{по}=16-22\%$ ,  $K_{пр}=100-600 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>) (Рисунок 5.21). В юго-западной и северной части территории песчаники образуют II тип ( $K_{по}=14-20\%$ ,  $K_{пр}=35-130 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>), а также встречаются на юге Болтного месторождения ( $K_{по}=14-17\%$ ,  $K_{пр}=10-27 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). Центральная часть территории (III тип) сложена песчаными осадками с низкими параметрами ФЕС ( $K_{по}=12-14\%$ ,  $K_{пр}=1-3 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>).

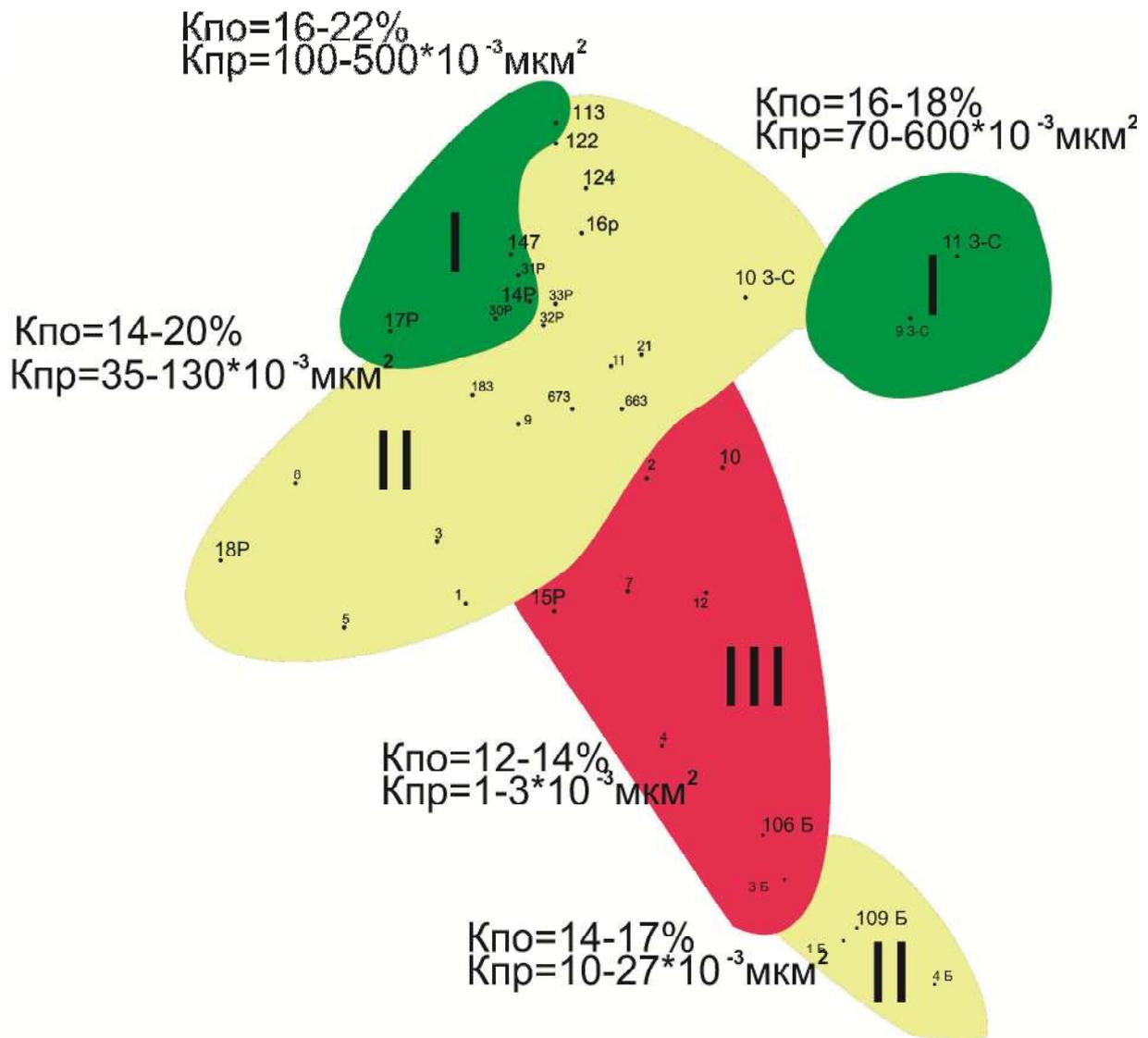


Рисунок 5.21 - Площадное распределение фильтрационно-емкостных параметров пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>

## 5.6 Основные выводы по главе

Установленные закономерности изменения фильтрационно-емкостных параметров по площади и по разрезу надугольной пачки четко согласуются с результатами седиментологического анализа пород по керну. Сложный характер изменчивости петрофизических параметров продуктивных песчаников горизонта Ю-I является прямым следствием их литологической и фациальной неоднородности. Глинисто-карбонатная и глинисто-алевритовая перемычка между песчаниками продуктивных пластов разделяет коллектор горизонта Ю-I на изолированные системы.

Построенные схемы корреляции надугольной пачки позволяют наглядно оценить распределение отложений по площади, и, как следствие форму тел, сложенных не только песчаным коллектором, но и глинисто-алевритовой и глинисто-карбонатной разностями. Песчаные осадки продуктивных пластов надугольной пачки представляют собой тела, толщина которых сокращается преимущественно в южном направлении, вплоть до полного выклинивания коллектора. Проведенный анализ корреляционных схем позволяет сделать вывод о том, что все литологические тела, слагающие надугольную пачку, имеют линзовидное строение.

Проведенная оценка седиментационных и постседиментационных преобразований позволила выявить зоны с улучшенными фильтрационно-емкостными параметрами. Установлено, что пористость и проницаемость в песчаниках пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> несколько выше по сравнению с песчаными осадками Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>. Открытая пористость пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> изменяется в пределах 7...27%, при среднем значении 17%. Проницаемость в целом по пласту и в продуктивной части меняется от 1,0 до 2150 × 10<sup>-3</sup> мкм<sup>2</sup>. Среднее значение открытой пористости пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> составляет 16 % при диапазоне ее изменения от 12% до 22%. Значение проницаемости пласта в продуктивной части пласта изменяется от 1 до 600 × 10<sup>-3</sup> мкм<sup>2</sup>.

На фильтрационно-емкостные параметры влияют как седиментационные, так и постседиментационные преобразования, однако стоит отметить, что первичные условия образования осадка продуктивных пластов идентичны. Песчани-

ки с хорошими коллекторскими свойствами образовались в условиях высокой гидродинамической активности морского бассейна. Вторичные процессы способны как увеличивать, так и уменьшать значения фильтрационно-емкостных параметров, поскольку в породах происходят минеральные преобразования. Положительное влияние оказывают изменения, которые наблюдаются в виде повышения доли каолинита в цементе, перекристаллизации каолинита, частичного растворения полевых шпатов и обломков пород, и, как следствие, повышения числа межзерновых сообщающихся пор, а также образование регенерационных каемок кварца, укрепляющих каркас песчаников и не позволяющий им сжиматься под действием давления. Ухудшение коллекторских свойств связано с повышенным образованием пелитоморфного сидерита, коррозионного кальцитового цемента, а также гидрослюды и хлорита в межзерновом пространстве.

Данные выводы подтверждают **3 защищаемое положение**: *прямым следствием литологической и фациальной неоднородности надугольной пачки является сложный характер изменчивости петрофизических параметров продуктивных пластов Казанской группы месторождений. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы, отнесенные к барам дальней зоны, средними свойствами – породы фации приливных каналов, ухудшенными – отложения приливных отмелей. Залежи среднего-верхнего оксфорда имеют линзовидную геометрию песчаных тел, которые выклиниваются в южном направлении.*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный подход в исследовании пород-коллекторов средне-позднеоксфордских отложений месторождений Казанской группы позволил составить общую литологическую характеристику, а также провести литогенетическую типизацию разреза и его разделение на группы, характеризующиеся набором близких условий осадконакопления. Проведенный анализ вещественного состава надугольной пачки позволил установить, что она сложена алеврито-песчаными породами с прослоями аргиллитов, известняков, ракушняков и углей. Породы обогащены конкрециями, мелкими вкраплениями пирита, многочисленными биотурбационными текстурами и обломками раковин моллюсков, являющимися показателями формирования отложений в прибрежно-морских условиях.

Автором в ходе исследования впервые выделены и описаны 13 литогенетических типов отложений, слагающих 6 макрофациальных комплексов, отвечающих бассейново-мелководным, приливно-отливным и относительно глубоководным условиям седиментации.

Литологическая изменчивость надугольной толщи, обусловлена особенностями седиментогенеза. При фациальном анализе установлена форма природных резервуаров с линзовидной геометрией тел. Установлено, что песчаные отложения пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> выклиниваются в южном направлении, что обусловлено первичным наклоном дна бассейна седиментации с юга на север. В связи с этим для геометризации единых в генетическом плане тел на исследуемых месторождениях автором предлагается произвести переиндексацию пластов горизонта Ю-I на Болтном месторождении.

Индикаторные геохимические показатели говорят о формировании исследуемых отложений в прибрежно-морских условиях окраинно-континентальной обстановки седиментации в гумидном климате.

На основе палеогеографических реконструкций, анализа влияния седиментационных и постседиментационных процессов на коллекторские свойства пород, а также влияния на фильтрационно-емкостные свойства обстановок осадконакопления была построена седиментологическая модель месторождений Казанской

группы и проведена геометризация тел, наиболее благоприятных для накопления залежей углеводородов, а также выделены зоны с улучшенными коллекторскими свойствами. Установлено, что формирование осадков происходило в полифациальных условиях и наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами обладают отложения, пространственно и генетически ассоциирующиеся с фациями баров дальней зоны, приливных каналов и приливной отмели.

Результаты диссертационной работы вошли в производственные отчеты и могут использоваться как рекомендации по созданию геологической модели надугольных пластов горизонта Ю-І, которые в дальнейшем могут быть взяты за основу при подсчете запасов нефти и газового конденсата, сосредоточенных в верхнеюрских коллекторах в пределах территории исследования и использованы при выборе технологической схемы разработки.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*****Опубликованная литература***

1. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 147 с.
2. Алексеев В.П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007 – 209 с.
3. Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. М.: Недра, 1990. Т. 1. – 286 с.; Т. 2. – 359 с.
4. Атлас текстур и структур осадочных горных пород. В 3 т. Т. 1. Обломочные и глинистые породы / Под ред. Хабакова А.В. М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 578 с.
5. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 268 с.
6. Балашов Ю.А., Ронов А.Б., Мигдисов А.А., Туранская Н.В. Влияние климатических и фациальных условий на разделение редкоземельных элементов в осадочном процессе // Геохимия. 1964. №10. С. 995-1014.
7. Барабошкин Е.Ю. Практическая седиментология (терригенные коллектора) / Е.Ю. Барабошкин. – Томск, ЦППС НД ТПУ, Томский политехнический университет, 2005. – 155 с., рис., табл., прил.
8. Белозёров В.Б. Влияние фациальной неоднородности терригенных коллекторов на разработку залежей углеводородов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 123-130.
9. Белозеров В.Б., Даненберг Е.Е., Огарков А.М. Особенности строения васюганской свиты в связи с поиском нефти и газа в ловушках неантиклинального типа // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. – Новосибирск, 1980. – С.92–100.
10. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е. Литостратиграфия отложений васюганской свиты юго-востока Западно-Сибирской плиты // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1988. – С.75–83.
11. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е., Ковалева Н.П. Литолого-фациальные предпосылки локализации зон нефтегазонакопления в прибрежно-морских отложениях

- верхней юры юго-востока Западно-Сибирской плиты // Проблемы геологии и нефтегазоносности осадочных пород Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1990. – С.123–129.
12. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е. Фациальная диагностика по материалам ГИС континентальных и прибрежно-морских отложений юры юго-востока Западной Сибири // Проблемы геологии и нефтегазоносности верхнепалеозойских и мезозойских отложений Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984. – С.11-23.
13. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е. К проблеме поисков литолого-стратиграфических ловушек в верхнеюрских отложениях юго-востока Западной Сибири // Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1991. – С.171–180.
14. Белозеров В.Б. Палеогеографические особенности формирования нефтеносных пластов васюганской свиты Западной Сибири. Томск: Известия ТПУ, 2007. Т. 311. №1. – С.67–72.
15. Белозеров В.Б. Ловушки нефти и газа, моделирование залежей углеводородов. Учебное пособие. Томск. Изд-во НИ ТПУ, 2010. – 198 с.
16. Белозёров В.В. Изучение возможностей геофизических методов в связи с геологическим моделированием месторождений углеводородов // Записки Горного Института. – 2008. – Т. 174. – С. 17–19.
17. Белозёров В.В. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Том 319. – № 1. – Томск. С. 116–123.
18. Ботвинкина Л.Н. Слоистость разных фациальных типов осадочных пород // Методы изучения осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1957. Т. 1. – 99–150 с.
19. Ботвинкина Л.Н. Слоистость осадочных пород / Тр. ГИН АН СССР. М.: Изд. АН СССР, 1962. Вып. 59. – 552 с.
20. Ботвинкина Л.Н. Методическое руководство по изучению слоистости // Труды геологического ин-та АН СССР. М.: Изд-во «Наука», 1965. Вып. 119. – 260 с.
21. Буш В.А. (ВНИИзарубежгеология). Геодинамические типы нефтегазоносных бассейнов СССР. Советская геология, №5, 1989. С. 25-33.

22. Вакуленко Л.Г., Ян П.А. Юрские ихнофашии Западно-Сибирской плиты и их значение для реконструкции обстановок осадконакопления // Новости палеонтологии и стратиграфии, 2001. Вып. 4. Приложение к журналу «Геология и геофизика». Т. 42. – С. 83–93.
23. Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В., Елисейкина М.В., Ян П.А. Влияние седиментационных и постседиментационных факторов на коллекторские свойства пород горизонта Ю1 Западно-Сибирского бассейна // Перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской нефтегазовой провинции: Материалы научно-практической конференции (г. Тюмень, 22-23 сентября 2004). Тюмень.-2004. - С. 145-149.
24. Вакуленко Л.Г., Миткарев В.А. Связь фильтрационно-емкостных свойств алевритопесчаных пород с обстановками их формирования (на примере горизонта Ю2 Юганского Приобья) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. № 1. – 2006. - С. 12-18.
25. Вакуленко Л.Г., Ельцов И.С., Ян П.А., Аксенова Т.П., Родякин С.В. Литология юры юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна (по результатам бурения параметрических скважин «Восток») // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Литологические и геохимические основы прогноза нефтегазоносности». СПб.: ВНИГРИ. – 2008. - С. 366-375.
26. Вакуленко Л.Г., Ян П.А., Бурлева О.В., Аксенова Т.П. Литологические критерии нефтегазоносности келловей-оксфордских отложений Западно-Сибирской провинции // Доклады Пятой Международной специализированной выставки и научного конгресса «Гео-Сибирь-2009». Т.2. Новосибирск: СГГА. – 2009. - С.158-161.
27. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах горных пород земной коры //Геохимия. 1962. № 7.
28. Вылцан И.А. Фации и формации осадочных пород. Томск: Изд-во ТГУ, 2002. – 484 с.
29. Габова К.В. Использование геохимических данных для реконструкции условий накопления осадочных пород на примере Казанского нефтегазоконденсатного месторождения юго-восточной части Нюрольской впадины, Новые технологии – нефтегазо-

вому региону : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. — 366 с., с. 33-35.

30. Габова К.В. Литогеохимические особенности и условия формирования горизонта Ю1 на примере Казанского нефтегазоконденсатного месторождения юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область), Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии. Пятое Всероссийское совещание. 23-27 сентября 2013 г., Тюмень. Научные материалы / В.А. Захаров (отв. ред.), М.А. Рогов, Б.Н. Шурыгин (редколлегия). Екатеринбург: ООО «Издательский дом «ИздатНаукаСервис»», 2013. 270 с., с. 41-43.

31. Габова К.В. Литологические особенности продуктивных отложений надугольной пачки верхневасюганской подсвиты в пределах Казанского нефтегазоконденсатного месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2016. – Т. 15, №19. – С. 122-131.

32. Габова К.В. Палеогеографические реконструкции надугольной толщи района Казанского месторождения по результатам исследования керна, Виртуальные и реальные литологические модели. Материалы Всероссийской школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. – 142 с., с. 47-49.

33. Габова К.В. Применение геохимического анализа ICP-MS для уточнения условий осадконакопления терригенных пород на примере нефтегазоконденсатного месторождения юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область), Сборник докладов Шестой региональной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть». –Томск: ТМЛ-Пресс, 2013. – 330 с., с. 131-134.

34. Габова К.В. Применение пространственно ориентированного керна для палеогеографических реконструкций (Казанское месторождение) // Трофимуковские чтения - 2015: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – С. 24-27.

35. Габова К.В. Сравнительная петрографическая характеристика пластов Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> на примере нефтегазоконденсатного месторождения юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область), Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Между-

народного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том I; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 854 с., с. 257-259.

36. Габова К.В. Условия формирования верхневасюганской подсвиты в юго-восточной части Нюрольской впадины по результатам исследования керна (Томская область), Трофимуковские чтения - 2013: материалы Всерос. молодежной научной конф. с участием иностранных ученых. – Новосибирск, 2013. с. 156-159.

37. Габова К.В. Фациальная модель надугольной толщи Казанской группы месторождений по результатам исследования керна, Сборник докладов Седьмой региональной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть». – Томск: ТМЛ-Пресс, 2014. – 160 с., с. 17-21.

38. Габова К.В., Кравченко Г.Г. Геохимия элементов-примесей верхнеюрских отложений Казанской группы месторождений // Вестник ПНИПУ. 2016, Т.15. №19. С.105-113.

39. Габова К.В., Шенделева К.В. Влияние литологических параметров верхневасюганской подсвиты на фильтрационно-емкостные свойства коллектора на примере Казанского нефтегазоконденсатного месторождения (Томская область), Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Материалы VII Всероссийского литологического совещания (Новосибирск, 28–31 октября 2013 г.). В 3 т. / Рос. акад. наук, Науч. совет по проблемам литологии и осадочных полезных ископаемых при ОНЗ ; Сиб. отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2013. – Т. I. – 426 с. – ISBN 978-5-4262-0045-6., с.186-190.

40. Григорьев В.И., Мякишев Г.Я. Силы в природе. М.: Наука. 1969. – 416 с.

41. Гриффитс Дж. Научные методы исследования осадочных пород: пер. с англ. / Дж. Гриффитс. – М.: Мир, 1971. – 422 с.

42. Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Геращенко И.Л. Методы палеогеографических реконструкций. Л.: Недра, 1984. – 271 с.

43. Гулари Ф.Г., Казаринов В.П., Миронов Ю.К., Наливкин В.Д., Нестеров И.И., Осыко Т.И., Ровнин Л.И., Ростовцев Н.Н., Рудкевич М.Я., Симоненко Т.Н., Соколов В.Н., Трофимук А.А., Чочиа Н.Г., Эрвье Ю.Г. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности – новой нефтяной базы СССР / Под ред. Н.Н. Ростовцева, А.А. Трофимука. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963. – 201 с.
44. Гулари Ф.Г. Микуленко К.И., Старосельцев В.С. и др. Тектоника мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1971. – Вып.100 – 148 с.
45. Гулари Ф.Г. Литостратиграфические подразделения // Региональные и местные стратиграфические подразделения для крупномасштабного картирования Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1986. – С. 21–29.
46. Даненберг Е.Е., Маркова Л.Г., Белозеров В.Б. и др. Расчленение и типы разрезов юрских отложений западной части Томской области // Вопросы биостратиграфии и детальной корреляции мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1979. – С.77–83.
47. Даненберг Е.Е., Белозёров В.Б., Брылина Н.А. Геологическое строение и нефтегазоносность верхнеюрско-нижнемеловых отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 295 с.
48. Егорова Т.Г., Цибулькинова М.Р., Смирнова Н.И. Литолого-фациальные особенности продуктивного горизонта Ю<sub>1</sub> верхнеюрских отложений Томской области // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – С.150–154.
49. Ежова А.В. Литология: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 353 с.
50. Ежова А.В. Цибулькинова М.Р. Морские фации верхнеюрских терригенных отложений Нюрольской впадины // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – С.131–138.
51. Жемчужников Ю.А. Что такое фация? // Литологический сборник. М.: Гостоптехиздат, 1948. – Вып.1. – С. 50–58.
52. Жуковская Е.А. Масштабы постседиментационного преобразования зернистых пород на примере отложений васюганской свиты Нюрольской впадины (Томская об-

- ласть) // Материалы научно-практической конференции «Формационный анализ в геологических исследованиях». – Томск, 2002. – С. 123-125.
53. Жуковская Е.А., Габова К.В. Природа формирования ракушняковых банок в лагунных отложениях среднего-верхнего оксфорда юго-востока Западной Сибири, Юрская система России: Проблемы стратиграфии и палеогеографии. Седьмое Всероссийское совещание. 18-22 сентября 2017 г., Москва. Научные материалы / В.А. Захаров, М.А. Рогов, Е.В. Щепетова (ред.). Москва: ГИН РАН, 2017.
54. Жуковская Е.А., Кравченко Г.Г. Влияние вторичных изменений на коллекторские свойства верхнеюрских продуктивных отложений Крапивинского месторождения / Изв. ТПУ. – 2010. – Т. 316. - №1. – С. 93-98.
55. Жуковская Е.А., Недоливко Н.М. Влияние аутигенного минералообразования на емкостно-фильтрационные свойства песчаных пород на примере Нижнетабаганского месторождения // Материалы второй Всероссийской научной конференции «Геология и нефтегазоносность ЗС мегабассейна». – Тюмень, 2002.
56. Запивалов Н.П. Геологическое строение Казанского газоконденсатного месторождения // Нефть и газ Тюмени: Тр. ЗапСибНИГНИ.— Тюмень, 1970.— Вып. 6.— С. 39-43.— Соавт.: Минько В. А.
57. Заславский М.Н. Эрозиоведение. – М.: Наука, 1983. – 320 с.
58. Захаров В.А., Никитенко Б.П., Алейников А.Н., Богомоллов Ю.И. Биостратиграфия верхней юры и неокома Сибири // Геология и проблемы поисков новых крупных месторождений нефти и газа в Сибири. Т. 1. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – С.75–78.
59. Зорин Л.В. Природные воды, породообразование и рельеф. М.: Наука, 1979. – 167 с.
60. Ильина В.И. Палинология юры Сибири. – М.: Наука, 1985. – 237 с.
61. Интерпретация геохимических данных/Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. Т. I. 288 с.
62. Казанский Ю.П. Седиментология. Новосибирск, 1976. – 272 с.
63. Казанский Ю.П. Введение в теорию осадконакопления. Новосибирск, 1983. – 223 с.
64. Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. – 242 с.

65. Кейт М., Дегенс Э. Геохимические индикаторы морских и пресноводных осадков // Геохимические исследования. М.: Иностранная литература, 1961. – С. 56–84.
66. Комарова К.В. (Габова К.В.), Рощина Я.Н., Жуковская Е.А. Вещественный состав продуктивных отложений пласта Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Казанского нефтегазоконденсатного месторождения по результатам исследования керн, Актуальные вопросы географии и геологии : материалы Всероссийской молодежной научной конференции, 10-13 октября 2010 г. Томск, 2010 С. 302-304.
67. Конибер Ч.Э.Б. Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел. М.: Недра, 1979, 222 с.
68. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. – 2013.- Т 54. №8. С.972-1012.
69. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. – 680 с.
70. Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып.2. Западно-Сибирский бассейн. Новосибирск: Изд-во ИОГТМ СО РАН, 1994. – 201 с.
71. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН «Гео», 2002. – 250 с.
72. Кравченко Г.Г., Габова К.В. Седиментационная модель средне-позднеоксфордских отложений месторождений Казанской группы по результатам исследования керн (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т.327, № 11. – С. 45-56.
73. Кравченко Г.Г. Реперные поверхности в разрезе васюганского горизонта по данным изучения керн (на примере юго-востока Западной Сибири) // Эволюция осадочных процессов в истории Земли: материалы 8-го Всероссийского литологического совещания. – Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – Т. II. – С. 405-408.
74. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях. М.: Высшая школа, 1971. – 368 с.

75. Кузнецов В.Г. Фации и фациальный анализ в нефтегазовой геологии. М. Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2012. – 243 с.
76. Курчиков А.Р., Бородкин В.Н. Характеристика геологического строения и нефтегазоносности юрского нефтегазоносного комплекса Западной Сибири. –Новосибирск: Издательство СО РАН, 2015. – 140 с.
77. Лидер М.Р. Седиментология. М.: Мир, 1986. – 439 с.
78. Логвиненко Н.В. Методы определения осадочных пород / Н.В. Логвиненко, Э.И. Сергеева – Л.: Недра, 1986.– 240 с.
79. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. 3-е изд. М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.
80. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. – Л.: Недра, 1987. – 237 с.
81. Маслов А.В., Алексеев В.П. Осадочные формации и осадочные бассейны. Учебное пособие. Екатеринбург. Изд-во УГГГА, 2003. – 203 с.
82. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
83. Маслов А.В., Корнилова А.Ю. К реконструкции палеосолености седиментационного бассейна, существовавшего в венде в области сочленения Русской платформы и Среднего Урала: предварительные данные // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005.
84. Меркулов В.П., Краснощекова Л.А., Черданцева Д.А., Коровин М.О. Использование ориентированного керна при решении задач нефтяной геологии / В. П. Меркулов [и др.] // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге : труды III Всероссийского научно-практического седиментологического совещания, 10-12 апреля 2017 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ЦППС НД, 2017. — С. 248-262.
85. Меркулов В.П., Чернова О.С. Закономерности пространственной изменчивости фильтрационно-емкостных параметров верхнеюрских коллекторов в связи с условиями седиментации. Новосибирск. Изд-во НОЦ «ЮКОС», 2002. – С.182–188.

86. Мигдисов А.Л., Балашов Ю.Л. и др. Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы. *Геохимия*. 1994. № 6. 789-803.
87. Муромцев В.С. Методика локального прогноза песчаных тел литологических ловушек нефти и газа по электрометрическим моделям фаций // Методика прогнозирования литологических и стратиграфических залежей нефти и газа. Л., 1981. – С.5–23.
88. Наливкин Д.В. Учение о фациях: Геогр. условия образования осадков. Том 2. Изд. акад. наук СССР, 1956. – 393 с.
89. Недоливко Н.М. Влияние условий осадконакопления и постседиментационных преобразований на коллекторские свойства средне-верхнеюрских отложений зоны сочленения Нюрольской впадины и Пудинского мегавала (Томская область). Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2003. – 20 с.
90. Недоливко Н.М. Минеральные индикаторы стадийного и наложенного эпигенеза в песчаниках юго-востока Нюрольской впадины // Нефтегазовому образованию – 50 лет. – Томск. – 2002. – С. 84-90.
91. Перозио Г.Н. Эпигенетическая зональность в терригенных породах мезозоя центральной части Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР. – 1960. Т. 135. - №5. – С. 240-245.
92. Перозио Г.Н. Эпигенетические преобразования в песчаниках и алевролитах юры и мела Западно-Сибирской низменности / Литология и полезные ископаемые. – 1966. - №3. – С. 58-70.
93. Перозио Г.Н. Вторичные изменения мезозойских отложений центральной и юго-восточной части ЗСН // Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири. – М.: Наука, 1967. – С. 5-69.
94. Перозио Г.Н. Эпигенез терригенных осадочных пород ЗС низменности. – М.: Недра, 1971. – 159 с.
95. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы; пер. с англ; /под ред. д.г.-м.н. И.М. Симановича и чл. кор. АН СССР П.П. Тимофеева. – М.: Недра, 1981. –752 с.
96. Полковникова Е.В., Кравченко Г.Г., Татьяна Г.М., Костеша О.Н., Лялюк К.П., Коновалова В.А., Чеканцев В.А. Биостратиграфия и условия осадконакопления келло-

вей-верхнеюрских отложений Сильгинского структурно-фациального района Западной Сибири // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. V Всероссийское совещание. – Тюмень, 2013. – С. 172–177.

97. Предтеченская Е.А., Бурлева О.В. Катагенетические аномалии в юрских нефтегазоносных отложениях Томской области как индикаторы дизъюнктивных нарушений / Геологическое строение и нефтегазоносность отложений юго-востока ЗСП (Томская область). – Новосибирск: СНИИГГИМС. – 2006. – С. 75-90.

98. Предтеченская Е.А. Катагенетические критерии прогноза зон разуплотнения в нижне-среднеюрских отложениях Западно-Сибирского осадочного мегабассейна / геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010, №3, с. 35-43.

99. Прошляков В.К., Кузнецов В.Г. Литология и литолого-фациальный анализ. М.: Недра, 1981 – 284 с.

100. Прошляков В.К., Холодов В.Н. Коллекторские свойства пород на больших глубинах // М.: Наука, 1985, 255 с.

101. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. М.-Л.: Гостоптехиздат, 1940. Т. 1. 476 с. Т. 2. 420 с.

102. Реддинг Х.Г., Коллинсон Дж.Д., Аллен Ф.А. Обстановки осадконакопления и фации: в 2-х томах, пер. с англ. М.: Мир, 1990. – 384 с.

103. Рейнек Г.–Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М.: Недра, 1981. – 439 с.

104. Решения 6-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (Новосибирск, 2003 г.). Новосибирск, СНИИГГИМС, 2004. – 148 с.

105. Романовский С.И. Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977.– 408 с.

106. Ронов А.Б. Балашов Ю.А., Мигдисов А.А. Геохимия редкоземельных элементов в осадочном цикле // Геохимия. 1967. Т. I. С. 3-19.

107. Ронов А.Б., Балашов Ю.А., Гири́н Ю.П. и др. Закономерности распределения редкоземельных элементов в осадочной оболочке и в земной коре // Геохимия. 1972. Xs 12. С. 1483-1513.
108. Рухин Л.Б. Основы литологии. М.: Недра, 1969. – 779 с.
109. Сахи́бга́реев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных месторождений. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
110. Сахи́бга́реев Р.С. Основные типы вторичных изменений коллекторов, происходящих в процессе формирования и разрушения залежей углеводородов, и их значение для оптимизации геологоразведочных работ // Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения залежей углеводородов и их значение для оптимизации геологоразведочных работ. – Л.: ВНИГРИ, 1990.– С.7-30.
111. Селли Р.Ч. Введение в седиментологию. М.: Недра, 1981. – 266 с.
112. Сердюк З.Я. Главные факторы постседиментационного преобразования пород фанерозоя и их влияние на ФЕС. Тр. III Межд. научно-практ. конф. и выставки «Санкт-Петербург 2008. Науки о Земле. От новых идей к новым открытиям». – 2008. – С. 10-13.
113. Сердюк З.Я., Исаев Г.Д., Микуленко И.К., Куда́манов А.И., Сайфу́тдинов А.Р. Особенности постседиментационного преобразования верхнеюрских отложений Западной Сибири (на примере скважины №138 Южно-Покачевского месторождения) // Георесурсы. – 2008. – С. 24-27.
114. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. СПб.: Недра, 1998. – 352 с.
115. Столбов Ю.М., Шалдыбин М.В., Бочаров Е.И. Оценка влияния процессов наложенного эпигенеза на фильтрационно-емкостные свойства терригенных пород-коллекторов юго-востока Западной Сибири // 30 лет на службе Томской геологии. – Новосибирск: СНИИГГиМС. – 2002. – С. 114-117.
116. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960, Т. 2. – 574 с.
117. Сурков В.С., Старосельцев В.С., Смирнов Л.В., Варламов А.И., Лотышев В.И., Ефимов А.С., Гришин М.П., Гребенюк В.В., Кузнецов В.Л. Тектоника платформенных областей Сибири // 50 лет на службе геологии России / Новосибирск, 2007. С. 27-48, 553 с.

118. Татьяна Г.М. Стратиграфия и фораминиферы верхней юры юго-востока Западной Сибири. Дис. канд. геол. наук. Томск: Изд-во ТГУ, 1985. – 150 с.
119. Тейлор С.Р., Мак-Ленан С.М. Континентальная кора: её состав и эволюция. – М. 1987. – 384 с.
120. Трофимук А.А., Карогодин Ю.Н., Мовшович Э.Б. Методические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск: ИГИГ, 1983. – 123 с.
121. Фролов В.Т. Литология: Учебное пособие Издание 3-е. М.: Изд-во МГУ, 1995.– 352 с.
122. Фролов В. Т. Литология.- М.: Изд-во МГУ. 1992. Кн.1.-336 с.; Кн.2.-430 с.
123. Хабаров Е.М., Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Попов А.Ю., Плисов С.Ф. Палеогеографические критерии распределения коллекторов в средне-верхнеюрских отложениях юга Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология нефти и газа, 2009. – С. 26–33.
124. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. М.: Изд-во «Недра», 1969 г., 368 с.
125. Харченко С.И. Связи фильтрационно-емкостных и структурно-вещественных параметров пород пласта Ю1 Восточно-Придорожного месторождения // Вестник недропользователя. – 2003. - №10. / Режим доступа: <http://www.oilnews.ru/magazine/2003-10-15.html>.
126. Хэллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М.: Мир, 1983. – 328 с.
127. Цейслер В.М. Основы фациального анализа. Учебное пособие. М.: Изд. МГГРУ, 2004. – 143 с.
128. Черников О.А. Преобразование песчано-алевритовых пород и их пористость / О.А. Черников. – М.: Наука, 1969. – 120 с.
129. Чернова О.С. Палеофаунистические остатки - индикаторы обстановки седиментации при литолого-фациальном анализе нефтегазоносных объектов // Известия Томского политехнического университета, 2002. Т. 305. № 6. – С.329-337.
130. Чернова О.С. Глоссарий седиментологических терминов. Томск: Изд-во ЦППС НД ТПУ, 2005. – 459 с.

131. Чернова О.С. Роль и место текстурного анализа в прогнозе обстановок осадконакопления // Актуальные вопросы литологии и седиментологии. Томск: Изд-во ТГУ, ООО «Дельтаплан», 2007. – 133 с.
132. Чернова О.С. Седиментология резервуара: учебное пособие. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2008. – 380 с.
133. Чернова О.С. Литолого-фациальный и формационный анализ нефтегазоносных толщ: учебное пособие. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2009. – 256 с.
134. Чернова О.С. Обстановки седиментации терригенных природных резервуаров: учебное пособие. Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2011.–107 с.
135. Шалдыбин М.В. Геохимические критерии оценки влияния процессов наложенного эпигенеза на ФЕС обломочных пород-коллекторов (на примере нефтяных месторождений томской области). – Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2005. – 21 с.
136. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения (распределение, структуры, текстуры). Л.: Недра, 1969. - 270 с.
137. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. - 269 с.
138. Шутов В.Г. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые, 1967. №5. – С.86–103.
139. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.
140. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
141. Юдович Я.Э. Региональная геохимия осадочных толщ. Л.: Наука, 1981. 276 с.
142. Юдович Я.Э. Пучков В.Н. Геохимическая диагностика глубоководных осадочных пород // Геохимия. 1980. № 3. С. 430-449.
143. Ян П.А., Вакуленко Л.Г. Смена состава ихнофоссилий в келловей-оксфордских отложениях Западно-Сибирского бассейна как отражение цикличности седиментогенеза // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (10). – С.1517–1537.

144. Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В., Аксенова Т.П., Микуленко И.К. Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных зонах Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2011. – №11–12. – С.1897–1907.
145. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учеб. пособие – М.: ЭСЛАН. 2008 – 356 с.
146. Япаскурт О.В. Стадийный анализ литогенеза: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 142 с.: ил.
147. Япаскурт О.В. Стадийный анализ осадочного процесса // Литология и полезные ископаемые. –2008.– №4.– С. 364-376.
148. Einsele G. Sedimentary basins: Evolution, facies, and sediment budget. – Springer-Verlag, 2000. – 792 p.
149. Ekdale, A.A., Bromley, R.G. and Pemberton, S.G., 1984, Ichnology: Trace fossils in sedimentology and stratigraphy. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course 15, 317pp.
150. Gardiner A.R. Reservoir Sedimentology (Distance Learning Notes). – Heriot-Watt University, 2003. – 64 p.
151. Harms J.C., Southard J.B., and Walker R.G. Structures and Sequences in Clastic Rocks: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course No. 9. - Tulsa, Oklahoma, 1982. – 394 p.
152. Knaust D., Bromley R.G. (Eds.). Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments // Developments in Sedimentology, 2012. – Vol. 64. – 960 p.
153. Leeder M.R. Sedimentology: Process and product. – Aller & Unwin, London, 1982. – 344 p.
154. Murray R. W., Buchholtzen Brink M.R., Brumsack H.J. et al. Rare earth elements in Japan Sea sediments and diagenetic behaviour of Ce/Ce\*: results from ODP Leg 127 // Geochim. Cosmochim. Acta. 1991.
155. Pemberton S.G. Applications of ichnology to petroleum exploration: A core workshop. SEPM Core Workshop No. 17. 1992. – 429 p.

156. Pemberton, S.G., and MacEachern J.A. Applied Ichnology Short Course: The Use of Trace Fossils in Sequence Stratigraphy, Exploration and Production Geology: SEPM Short Course 18, Houston, TX, 2006, 274 p.
157. Pettijohn P.J., Potter P.E. Atlas and glossary of primary sedimentary structures. New York: Springer, 1964. – 370 p.
158. Reading H.G. Sedimentary environments and facies. – Blackwells, 1978. – 557 p.
159. Reineck H.E., Singh I.B. Depositional Sedimentary Environments – with Reference to Terrigenous Clastics. – New York: Springer Verlag, 1973. – 439 p.
160. Selley R.Ch. Applied Sedimentology. New York: Academic Press, 2000. – 520 p.
161. Taylor S. T., McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust // Reviews of Geophysics. 1995.
162. Yudovich Ya.E. Coal inclusions in sedimentary rocks: a geochemical phenomenon. A review // Int. J. Coal. Geol., 2003, vol. 56, 3–4, p. 203–222.
163. Yudovich Ya.E. Notes on the marginal enrichment of Germanium in coal beds // Int. J. Coal. Geol., 2003, vol. 56, 3–4, p. 223–232.

#### *Фондовая литература*

164. Выполнить литофациальный анализ и дать прогноз участков развития высокочемических коллекторов в продуктивных пластах васюганской свиты Казанского месторождения на основе данных глубокого бурения, ГИС и сейсморазведки // Отчет по договору № 5361 с ОАО "Томскгазпром", Отв. исп. Степаненко Г.Ф., Чернова Л.С. Новосибирск, 2000 г., 128 с.
165. Выявление зон улучшенных коллекторов в юрском комплексе юго-восточной части Нюрольской впадины на основе литолого-генетического и фациального анализов // Отчет по теме 17, Отв. исп. Япаскурт О.В. Москва, 2001 г., 164 с.
166. Геологическое строение и нефтегазоносность Казанской площади // Отчет сейсморазведочных партий 1,3/95-98 о проведенных детальными и поисковыми работами МОГТ масштаба 1:50000, выполненных зимой 1995 - 1996, 1996 - 1997 гг., Отв. исп. Мельников В.П. Колпашево, 1998 г., 189 с.
167. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Олимпийского куполовидного поднятия и южной периклинали Болтной структуры // Отчет сейсморазве-

дочной партии 3/99-00 о проведенных площадных работах МОГТ масштаба 1:50 000, выполненных зимой 1999-2000 гг., Отв. исп. Вилкин В.М., Мельников В.П. Колпашево, 2000 г., 174 с.

168. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юго-восточной части Нюрольской впадины // Отчет сейсморазведочной партии 1,3,6/88-89 о проведенных площадных сейсморазведочных работах МОГТ масштаба 1:50000, выполненных зимой 1988 - 1989 гг., Отв. исп. Мельников В.П. Колпашево, 1990 г., 179 с.

169. Геологическое строение и подсчет запасов нефти Советского, Средненюрольского и Казанского месторождений за 1968-1969 гг. // Отчет по подсчету запасов газа и конденсата Казанского месторождения по состоянию на 01.09.1969 г., Отв. исп. Минько В.А. Новосибирск, 1969 г., 186 с.

170. Закартировать геологические тела, контролирующие залежи нефти и газа в нижне-среднеюрских отложениях Казанского и Пудинского районов // Информационный отчет по гос. контракту № 2-74/2000 с ОГУП "Томскинвестгеонефтегаз", Отв. исп. Ежова А.В., Тен Т.Г., Недоливко Н.М. и др. Томск, 2001 г., 192 с.

171. Обобщение структурных построений по юрским и меловым отражающим горизонтам на территории Томской области в масштабе 1:100000 с одновременным созданием электронной базы данных (территории Пудинского, Казанского, Парабельского, Парбигского и Усть-Тымского нефтегазоносных районов) // Отчет по государственному контракту № 25-99, Отв. исп. Конторович В.А., Красавчиков В.О. Новосибирск, 2001 г., 162 с.

172. Оперативный подсчет запасов УВ по пластам Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> Казанского нефтегазоконденсатного месторождения Томской области по состоянию на 01.02.2009 г. // Отчет по договору № TG-DCS-0407-01 с ОАО "Томскгазпром", Отв. исп. Сметанин А.В. Москва, 2009 г., 157 с.

173. Палиностратиграфия и корреляция мезозойских отложений Томской области для уточнения строения нефтепродуктивных комплексов // Отчет по договору №35-85-34/14. Отв. исп. Костеша О.Н. ДП ТО СНИИГГиМС. Томск, 1987. – 186 с.

174. Пересчет запасов газа, конденсата и нефти и составление проекта пробной эксплуатации участка нефтяной оторочки Казанского месторождения. Техничко-

экономическое обоснование коэффициентов извлечения конденсата и нефти // Отчет о НИР по договору № 546/05 (122.23.33) от 03.05.2005 с ОАО «Томскгазпром», Отв. исп. Рыжов А.Е., Крикунов А.И. пос. Развилка, Московская обл., 2007 г., 197 с.

175. Пересчет начальных запасов нефти, газа, конденсата и технико-экономическое обоснование КИН, КИК Казанского месторождения. Лицензии ТОМ 00097 НЭ, ТОМ 01456 НР // Отчет по договору с ОАО "Томскгазпром" от 01.06.10 г. № CGE-TG-DCS-0610, Отв. исп. Истомин С.Б. Москва, 2010 г., 168 с.

176. Изучение низкоомных коллекторов на нефтяных месторождениях Томской области // Отчет по теме 2-54/94. Отв. исп.: к.г.-м.н. Ежова А.В., к.г.-м.н. Меркулов В.П. ТПУ. Томск, 1996. – 108 с.

177. Комплексные лабораторно-аналитические исследования пород-коллекторов верхнеюрских продуктивных пластов и покрышек по разведочным скважинам № 16 и 18 Казанского нефтегазоконденсатного месторождения // Отчет по договору ЛИ3612 от 01.05.2009 г., Отв. исп. Щемелинин Ю.А. Томск, 2009 г., 185 с.

178. Комплексные лабораторно-аналитические исследование керна по скважинам ОАО «Томскгазпром» // Отчет по договору ЛИ3612, Отв. исп. Щемелинин Ю.А. Томск, 2010 г., 173 с.

179. Лабораторно-аналитические исследования керна скважин № 454р Останинского НГКМ, № 10п-оц Западно-Сомовской площади, № 319п-оц Трассовой площади. Исследования фильтрационно-емкостных и петрофизических свойств керна скважины № 10п-оц Западно-Сомовской площади // Отчет по договору ЛИ3887 от 01.04.2011 г., Отв. исп. Гончаров И.В. Томск, 2012 г., 124 с.

180. Лабораторно-аналитические исследования керна скважин №5 куст 2 Северо-Останинского НМ, №106 куст 2 Болтного НМ Обработка, первичные и литолого-седиментологические исследование керна скважины № 106 Болтного месторождения // Отчет по договору ЛИ3896 от 31.03.2011 г., Отв. исп. Щемелинин Ю.А. Томск, 2012 г., 54 с.

181. Комплексное исследование керна и пластовых флюидов скважин ОАО «Томскгазпром» // Отчет по договору ЛИ4069 от 02.04.2012 г. в 13 книгах, Отв. исп. Парначев С.В. Томск, 2012-2013 гг.