

На правах рукописи



ТУМАШОВ Игорь Викторович

**СТРОЕНИЕ, СОСТАВ, ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ
РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА В ВЕНДЕ И КЕМБРИИ
ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОЙ
НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ
СУБПРОВИНЦИИ**

25.00.12 – Геология, поиски и разведка
нефтяных и газовых месторождений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2014

Работа выполнена на кафедре геологии месторождений нефти и газа Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Научный руководитель:

Конторович Алексей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН

Официальные оппоненты:

Фортунатова Наталья Константиновна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», заместитель директора по науке;

Кринин Владимир Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», заведующий кафедрой геологии нефти и газа

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина» (РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина).

Защита состоится 19 ноября 2014 г., в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 003.068.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), в конференц-зале.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3. тел. (8-383) 330-95-17, 330-62-84, факс (8-383) 330-28-07; e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИНГГ СО РАН, <http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/commettee/D-003-068-02>.

Автореферат разослан 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат геол.-мин.наук



Е.А. Костырева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объектом исследования в настоящей работе являются отложения венда и кембрия, вскрытые параметрическими скважинами, на юго-востоке Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Рисунок 1).

Актуальность работы. Впервые вопрос о вероятных перспективах нефтегазоносности палеозойских отложений в восточной части Западно-Сибирской равнины поставил в 1932 г. Н.С. Шатский [Шатский, 1932]. М.М. Чарыгин к потенциально нефтепроизводящим толщам, распространенным под мощным покровом кайнозойских и мезозойских отложений на территории левобережья р. Енисей, относил породы верхнего девона, карбона, перми, триаса и не исключал возможности наличия нефти в мезозойских отложениях вследствие ее миграции из палеозойского комплекса [Чарыгин, 1933]. Позднее, о возможности нахождения нефти в палеозое Западной Сибири без конкретных ссылок на районы исследования писали В.Г. Васильев, А.Г. Вологдин, М.К. Коровин, Н.А. Кудрявцев, Н.П. Туаев и др. [Васильев, 1936, 1946; Вологдин, 1938; Туаев, 1939; Кудрявцев, 1943, Коровин, 1956]. В 1958 г. Н.Н. Ростовцев указывал, что нефтеобразование в породах фундамента Западной Сибири не вызывает сомнений. В качестве главной задачи работ по поискам нефти и газа в фундаменте и палеозойских обрамлениях Западно-Сибирской геосинеклизы он считал выявление районов с ослабленным метаморфизмом и дислоцированностью [Геологическое..., 1958].

В 1964 г. А.А. Трофимуком поиски нефти в палеозое Западной Сибири были выдвинуты в качестве крупной самостоятельной проблемы. За период 60-70-х годов большой вклад в исследование нефтегазоносности доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты внесли работы: К.В. Боголепова, В.С. Бочкарева, А.А. Булыниковой, В.С. Вышемирского, О.Г. Жеро, Н.П. Запывалова, А.Э. Конторовича, Л.В. Смирнова, В.С. Суркова, А.А. Трофимука и др. [Боголепов, 1963; Бочкарев и др., 1968, 1975; Булыникова и др., 1968, 1973; Вышемирский, 1971; Жеро и др., 1977; Конторович и др., 1975, 1977; Смирнов, 1977; Сурков и др., 1967, 1977; Трофимук и др., 1964, 1972, 1975].

На значительные перспективы палеозоя левобережья Енисея впервые четко указывали А.Э. Конторович, В.С. Сурков, А.А. Трофимук и др. [Конторович и др., 1975, 1981].

В 1980-1990-е гг. в результате проведения сейсмических работ и бурения на левом берегу р. Енисей нескольких глубоких скважин (Аверинская-150, Вездеходная-4, Лемок-1, Тыйская-1) была получена информация, однозначно подтверждающая широкое распространение на территории исследования мощных слабодислоцированных верхнепротерозойско-палеозойских отложений платформенного типа [Дашкевич, 1990; Каштанов, Варламов, Ефимов и др., 1995; Кригин, 1998; Евграфов, Ефимов и др., 1998; Конторович и др., 1999, 2000; Елкин и др., 2001; Филиппов и др., 2001; Сараев и др., 2004 и др.]. Это дало основание А.Э. Конторовичу выделить новый Предъенисейский осадочный бассейн и одноименную перспективную нефтегазоносную субпровинцию [Конторович и др., 2003].

Для изучения геологического строения Предъенисейского осадочного бассейна и оценки перспектив его нефтегазоносности специалистами ИНГГ СО РАН и СНИИГГиМС под руководством А.Э. Конторовича по поручению МПР России в 2004 г. была разработана программа региональных геолого-геофизических исследований домезозойских отложений в восточных районах Западно-Сибирской геосинеклизы, которая получила название «Восток». Выполненные региональные сейсмические работы и пробуренные в 2005-2008 гг. согласно программе на востоке Томской области и юго-западе Красноярского края параметрические скважины Восток-1, Восток-3 и Восток-4 дали уникальную геологическую информацию. Скважины впервые для Западной Сибири вскрыли полный палеонтологически охарактеризованный разрез верхнего венда и кембрия [Конторович и др., 2006, 2008, 2009, 2012]. Материалы, полученные в результате бурения в совокупности с информацией по ранее пробуренным на смежной территории скважинам, позволили уточнить геологическое строение региона, выделить ряд перспективных нефтегазоносных комплексов, начать изучение стратиграфии, тектоники, литологии, петрофизики, геохимии рассеянного органического вещества и нафтидов, выполнить палеогеографические реконструкции для кембрийского периода, а также провести предварительную оценку углеводородного потенциала Предъенисейской субпровинции [Конторович и др., 2006, 2009, 2011, 2011 а,б, 2012 и др.].

В случае открытия в субпровинции месторождений нефти они могут существенно укрепить сырьевую базу для поставки углеводородов

в Азиатско-Тихоокеанский регион по нефтепроводу «Восточная Сибирь – Тихий океан». В связи с этим весьма *актуальным* является продолжение геологического изучения венд-кембрийского комплекса, направленное на выявление потенциальных резервуаров углеводородов в Предьенисейском осадочном бассейне и оценку перспектив его нефтегазоносности.

Однако, ввиду сложного геологического строения и неравномерной изученности рассматриваемой территории, многие вопросы, связанные с детальным изучением вскрытых скважинами отложений, условиями их осадконакопления, а также характером влияния седиментационных и постседиментационных процессов на формирование коллекторских свойств пород, остаются недостаточно разработанными.

Целью диссертационной работы является выделение и изучение резервуаров нефти и газа в отложениях венда и кембрия южной части Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции.

Для достижения этой цели автор решал следующую **научную задачу** – установить состав, строение, условия осадконакопления и постседиментационные изменения пород венда и кембрия и выделить перспективные резервуары (коллекторы и флюидоупоры) в разрезе южной части Предьенисейского осадочного бассейна.

Защищаемые научные положения:

1. Установлено в резервуарах венда и кембрия на территории южной части Предьенисейского осадочного бассейна преобладание карбонатных пород, представленных биоморфными, зернистыми, микритово-зернистыми и микритовыми структурно-генетическими типами. Терригенные, терригенно-карбонатные и терригенно-эвапоритовые породы распространены в меньшей степени.

2. Выявлено в разрезах скважин чередование породных ассоциаций, свидетельствующих о неоднократной смене обстановок седиментации в пределах карбонатного шельфа. В районах, прилегающих к Енисейскому кряжу, в раннем кембрии, существовал эвапоритовый бассейн, отгороженный от открытого моря системой барьерных рифов. В нем формировались выдержанные по простиранию пласты ангидритов, доломитов и солей. Непосредственно восточнее (в современных координатах) системы барьерных рифов седиментация проходила в мелководных обстановках от супралиторали до верхней части сублиторали, в которых активно проявлялась приливно-отливная и штормовая деятельность. В западной части рассматриваемой территории

в венде и раннем кембрии осадконакопление происходило в окраинной части открытого моря в условиях от приливно-отливных равнин до глубоко погруженной части шельфа.

3. Выделено в разрезе венда и кембрия пять зональных резервуаров (пойгинско-котоджинский, поделгинско-шеделгинский, нижнеоксымский, тыйско-аверинский, верхнекольчумский). Проницаемые комплексы резервуаров сложены биоморфными и зернистыми карбонатными породами, в которых интенсивно прошли постседиментационные процессы выщелачивания и трещинообразования, оказавшие положительное влияние на формирование ФЕС. В вендских отложениях развиты коллекторы преимущественно каверново-порового и каверново-порово-трещинных типов, а в кембрийских отложениях коллекторы порово-каверново-трещинного и трещинно-порового типов. Флюидопорами резервуаров являются терригенные, терригенно-карбонатные, терригенно-сульфатные и галогенные породы, которые имеют низкую пористость и проницаемость.

Личный вклад и новизна исследований:

1. На основе детальных литологических исследований установлены структурно-генетические типы карбонатных пород и последовательности их напластования в разрезе венда и кембрия. Реконструированы обстановки осадконакопления.

2. Установлены особенности постседиментационных преобразований различных типов пород и выполнена оценка их влияния на формирование коллекторских свойств.

3. На основании обобщения и интерпретации геологической и литолого-петрофизической информации выделены перспективные на обнаружения нефти и газа резервуары.

Практическая значимость. Результаты выполненной работы могут быть использованы при оценке перспектив нефтегазоносности Предъенисейской субпровинции, формировании направлений и методов поиска месторождений нефти и газа, планировании и проектировании поисково-оценочных работ.

Апробация работы и публикации. Материалы работы докладывались на конференциях, совещаниях, симпозиумах, чтениях различного уровня: ежегодных международных научных студенческих конференциях Новосибирского государственного университета «Студенты и научно-технический прогресс» (2007-2008);

международном научном симпозиуме им. академика М.А.Усова для студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2007); научных конференциях молодых ученых, аспирантов, студентов «Трофимуксовские чтения» (Новосибирск, 2007,2008,2011); на международном научном конгрессе «ГЕО-Сибирь-2009» (Новосибирск, 2009); на 2-м Региональном Совещании «Фациальный анализ в нефтегазовой литологии» (Томск, 2012); на Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири» (Новосибирск, 2014).

Материалы диссертации, полученные научные результаты и выводы полностью изложены в 12 публикациях по теме диссертации, из них 2 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК («Нефтегазовая геология. Теория и практика», «Известия Томского политехнического университета»).

Фактический материал и методы исследования. В основу работы положены результаты самостоятельного изучения kernового материала параметрических скважин Восток-1,3,4, Лемок-1, Аверинская-150, Вездеходная-3,4, Тыйская-1 (>700 м). Для выяснения вещественного состава и структур пород детально изучены шлифы (>1000 шт.). Также использованы данные ГИС и временные сейсмические разрезы. Привлекались результаты: опробования скважин, палеонтологических исследований, определения фильтрационно-емкостных свойств, рентгенографических определений минерального состава образцов, микроэлементного анализа проб и исследования органического вещества, определения изотопного состава углерода и кислорода.

При рассмотрении вопросов геологического строения и нефтегазоносности исследуемой территории использовались структурные, тектонические и палеогеографические карты, региональные и стратиграфические схемы кембрийских и вендских отложений, составленные специалистами ИНГГ СО РАН, СНИИГГиМС, ВНИГРИ, ВСЕГЕИ и других организаций.

Стратиграфическая основа, принятая в работе, разработана специалистами ИНГГ СО РАН (Д.В. Гражданкин, А.Г. Клец, И.В. Коровников, А.А. Постников, С.В. Сараев, А.А. Терлеев, Ю.Ф. Филиппов и др.) при участии специалистов СНИИГГиМС (Н.В. Мельников, Ю.Я. Шабанов) и ВНИГНИ (А.И. Варламов).

Структура и объем работы.

Работа состоит из введения, 6 глав и заключения. Содержит 206 страниц машинописного текста, 76 рисунков и 6 таблиц. Библиография включает 149 источников.

Благодарности.

Автор признателен за поддержку и помощь, оказанные при написании работы, преподавателям геолого-геофизического факультета НГУ, сотрудникам кафедры геологии месторождений нефти и газа НГУ, руководству ИНГГ СО РАН, к.г.-м.н. Сараеву С.В. и к.г.-м.н. Терлееву А.А. за предоставленный для исследования фактический материал. Глубокую благодарность автор выражает за советы, консультации и критику к.г.-м.н. Вараксиной И.В. и к.г.-м.н. Хабарову Е.М. Особо автор благодарит академика Конторовича А.Э. за руководство в годы учебы в Новосибирском государственном университете, в аспирантуре и на всех этапах работы над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Стратиграфия

Сведения о вещественном составе и палеонтологической характеристике пород фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы (ЗСГ) начали появляться в литературе в конце 1950-х - начале 1960-х годов в связи с началом глубокого бурения на данной территории [Алескерова и др., 1959; Мирошников, 1960; Богущ и др., 1962 и др.]. Одной из первых стратиграфических схем, основанных на результатах бурения и геофизических работ, была схема, опубликованная в 1954 г. и уточненная в 1959 г. Н.Н. Ростовцевым [Ростовцев, 1959]. Первой крупной сводкой по стратиграфии и палеонтологии палеозоя Западной Сибири была работа В.С. Бочкарева, П.К. Куликова и Б.С. Погорелова, опубликованная в 1968 г. и объединившая практически весь стратиграфический материал, накопленный к этому времени [Бочкарев и др., 1968]. Первые палеонтологические свидетельства присутствия кембрийских отложений в комплексе основания Западно-Сибирской плиты были получены при изучении керна Елогуйской опорной скважины [Драгунов и др., 1967]. Стратиграфическое и фаціальное обобщение результатов глубокого бурения было произведено в 1975 г. На этот момент данные по кембрию, ордовику, силуру и девону

получили географическую привязку, а для карбона и перми были намечены структурно-фациальные зоны [Богущ и др., 1975 и др.]. Ограниченность фактического материала восполнялась сведениями о структуре палеозойского этажа по геофизическим данным [Сурков и др., 1981, 1984; Мегакомплексы..., 1986 и др.].

Достоверная информация о докембрийских отложениях в комплексе основания Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского мегабассейна до недавнего времени отсутствовала. В связи с проведением большого объема сейсмических работ и бурением глубоких скважин Аверинская-150, Вездеходная-3,4, Лемок-1, Тыйская-1, а также скважин Восток-1,3,4, были получены данные, которые позволили исследователям заложить современные основы стратиграфии домезозойских отложений востока Западной Сибири [Елкин и др., 2001, 2007; Стратиграфия..., 2001; Конторович и др., 1999, 2006, 2008, 2009, 2012].

Согласно схеме фациального районирования докембрийских и палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы, принятой на межведомственном стратиграфическом совещании, пробуренные глубокие скважины находятся в Тыйском и Вездеходном структурно-фациальных районах [Решения..., 1999].

В отложениях венда и кембрия на территории исследования специалистами выделено 26 свит, характеристика которых приводится в главе.

1.2. Тектоника

В 60-80 гг. XX века представления о структуре палеозойского этажа района исследования основывались на результатах интерпретации геофизических данных о гравитационном и магнитном полях [Сурков, Жеро, 1981; Сурков и др., 1984; Мегакомплексы..., 1986 и др.].

Анализ материалов региональных сейсморазведочных работ, выполненных на востоке Западно-Сибирской геосинеклизы, на западе Красноярского края и в восточных районах Томской области, ХМАО и ЯНАО, показал, что в домезозойской части разреза на территории Предьенисейской области уверенно прослеживается серия регионально-выдержанных отражающих сейсмических горизонтов. Исследователями ИНГГ СО РАН было выделено 6 сейсмокомплексов, формирующих два структурных этажа, нижний из которых представлен верхнедокембрийско-палеозойскими толщами, а верхний - мезозойско-кайнозойскими отложениями.

В работе особое внимание уделяется нижнему структурному этажу, вследствие чего характеристика тектонического строения района приводится на основании карты тектонического районирования по кровле вендских отложений (отражающий горизонт KV), а также карты, построенной по подошве платформенных позднекембрийско-палеозойских образований (отражающий горизонт Ф). Анализ тектонических элементов проведен по обобщающим материалам ИНГГ СО РАН. Согласно тектоническим схемам, скважины Вездеходная-3,4 и Восток-3 пробурены в пределах Кеть-Тымской синеклизы на территории Владимировского и Северо-Владимировского куполовидных поднятий. Скважина Восток-1 расположена северо-западнее, на склоне Корбыльского куполовидного мезоподнятия. Скважина Восток-4 пробурена в восточной части территории исследования, в пределах Северо-Кетского свода. Северо-восточнее этой скважины, в пределах Иштыкского выступа, расположена скважина Лемок-1. Скважины Аверинская-150 и Тыйская-1 находятся в южной части территории, в пределах Пировского свода и Северо-Тыйской впадины, соответственно.

1.3. Нефтегазоносность

Проблема нефтегазоносности палеозоя Западно-Сибирского бассейна обсуждалась в научной литературе с начала тридцатых годов прошлого века. Результаты исследований изложены в обобщающих монографиях по геологии и нефтегазоносности Западной Сибири [Гурари и др., 1963; Конторович и др., 1975; Геология ..., 2000 и др.]. Главным в этой проблеме является вопрос возможности концентрации и сохранения нефти и газа в залежах, которые имели бы промышленное значение, внутри палеозойского комплекса. Согласно нефтегазогеологическому районированию Западно-Сибирской провинции исследуемая территория относится к Предъенисейской нефтегазоносной области. В настоящее время в районе исследований не открыто ни одного месторождения, как в пределах венд-кембрийского комплекса основания геосинеклизы, так и в мезозойско-кайнозойском чехле. По мнению специалистов серьезные перспективы связаны с венд-палеозойскими отложениями.

В главе приводятся основные результаты исследований по геохимии рассеянного органического вещества в отложениях венда и кембрия, а также результаты выполненной оценки углеводородного потенциала Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции [Конторович и др., 2000, 2011а,б и др.].

Глава 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

В процессе исследования были использованы следующие методы и методические приемы:

1. Макроскопическое описание кернa скважин и микроскопическое исследование шлифов под поляризационным микроскопом.

2. Расчленение, восстановление и корреляция геологических разрезов на основе литологических, палеонтологических и геофизических данных.

3. Генетический анализ основных литологических типов пород и построение седиментационных моделей.

4. Оценка влияния седиментационных и постседиментационных факторов на формирование коллекторских свойств различных типов пород.

Литологическое описание карбонатных пород велось на основе классификации Р.Дж. Данхэма (1962) с изменениями Е.М. Хабарова (1985). Для смешанных терригенно-карбонатных пород учитывалась схема И.В. Хворовой (1958), для известково-доломитовых пород схема С.Г. Вишнякова (1933). При описании песчано-алевритовых пород использовалась схема по составу обломочного материала, разработанная Ю.П. Казанским [Осадочные породы..., 1987]. Характеристика гранулометрического состава песчано-алевритовых пород проводилась в соответствии с классификацией Н.В. Логвиненко (1962). При описании степени окатанности обломочных компонентов была использована классификация А.Б. Рухина (1961). При описании морфологии различных типов цемента применялась классификация В.Н. Шванова (1987).

При реконструкции обстановок осадконакопления, анализе влияния седиментационных и постседиментационных процессов на формирование пустотного пространства карбонатных пород автор использовал результаты современных теоретических разработок в области изучения карбонатного осадконакопления [Irwin, 1965; Уилсон, 1980; Селли, 1981; Осадочные породы, 1990; Фортунатова и др., 2005; Flügel, 2010 и др.], седиментологического моделирования [Седиментологическое ..., 2000; Жемчугова, 2000; Беляева, 2000; Хабаров, 2011 и др.] и постседиментационных изменений [Киркинская и др., 1981; Логвиненко и др., 1987; Кузнецов, 1992; Багринцева и др., 1999; Япаскурт, 2005 и др.].

Характеристика пористости и проницаемости пород проводилась на основании результатов макро- и микроскопического изучения kernового материала, петрофизических исследований и интерпретации данных ГИС. Типизация карбонатных коллекторов проведена согласно классификации Багринцевой К.И. (1989).

Глава 3. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ВЕНД-КЕМБРИЙСКОГО РАЗРЕЗА

Проведенный анализ свидетельствует о значительном структурном и вещественном разнообразии пород, слагающих венд-кембрийский разрез исследуемой территории. Среди отложений преимущественно развиты карбонатные, подвергнутые вторичным изменениям, доломитовые и доломитово-известковые породы, в которых установлены следующие основные структурно-генетические типы: биоморфные, зернистые, микритово-зернистые и микритовые. Терригенные, терригенно-карбонатные и терригенно-эвапоритовые породы менее распространены в рассматриваемом разрезе. В результате изучения были выделены разномасштабные геологические тела, слагающие части свит (или толщ), со схожими литологическими характеристиками и проведено разбиение всего осадочного наполнения исследуемого разреза на различные породные ассоциации.

На основании проведенного исследования установлено, что строение нижней части вендского разреза - пойгинская и котоджинская свиты в скв. Восток-3, и вездеходная толща в скв. Вездеходная-3,4 достаточно однородное, а верхней части - райгинская свита (скв. Восток-3) – цикличное. В нижнекембрийском разрезе скважин Восток-1,3, в чурбигинской и пайдугинской свитах, наблюдается неравномерное чередование карбонатных, карбонатно-глинистых и углеродистых карбонатно-глинисто-кремнистых пород. В кембрийском разрезе скважин Восток-1,4, Лемок-1, Аверинская-150 и Тыйская-1 наиболее распространены смешанные сульфатно-карбонатные породы, которые находятся в сложных взаимоотношениях, что обусловило неоднородное строение этой части разреза (Рисунок 2). Временные взаимоотношения выделенных породных ассоциаций отражают крупномасштабные изменения уровня моря. Пространственные взаимоотношения свидетельствуют о дифференциации обстановок в пределах карбонатного шельфа во время накопления отдельных толщ.

Глава 4. ОБСТАНОВКИ СЕДИМЕНТАЦИИ И ЭВОЛЮЦИЯ КАРБОНАТОНАКОПЛЕНИЯ В ВЕНД-КЕМБРИЙСКОМ БАССЕЙНЕ ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОЙ СУБПРОВИНЦИИ

В главе приведены результаты седиментологического анализа венд-кембрийских отложений разрезов скважин Восток-1,3,4, Аверинская-150, Лемок-1, Тыйская-1 и скважин Вездеходной площади. Интерпретация обстановок осадконакопления проводилась на основании комплексного литолого-седиментологического подхода к изучению карбонатных и смешанных карбонатно-терригенных, карбонатно-эвапоритовых образований на основании общих теоретических разработок карбонатной седиментации на шельфах.

При литологической характеристике венд-кембрийского разреза были установлены разномасштабные ассоциации пород, с присущими им текстурными и структурными особенностями, которые, в свою очередь, являясь важнейшими индикаторами среды седиментации. Анализ этих данных позволил выяснить генезис отложений и реконструировать обстановки осадконакопления.

По результатам исследования сделан вывод, что в венде и раннем кембрии осадконакопление в юго-западной части Предъенисейского бассейна происходило в разных обстановках карбонатного шельфа: от приливно-отливных равнин до глубоко погруженной его части (Рисунок 3).

В венде отложения накапливались в достаточно спокойном мелководном бассейне с широким развитием водорослевых матов и водорослевых биогермов на возвышенных формах рельефа. Постепенное углубление началось в котоджинское и достигло своего максимума в пайдугинское время раннего кембрия.

В юго-восточной части бассейна седиментация проходила в мелководных обстановках от супралиторали до верхней части сублиторали с влиянием приливно-отливной и штормовой деятельности. Восточнее, в районах, прилегающих к Енисейскому кряжу, в раннем кембрии, накапливались отложения прибрежных лагун, которые характеризуются более выдержанными по простиранию пластами ангидритов, доломитов и солей суши.

Среднекембрийские отложения в разрезах всех скважин имеют отчетливо выраженное ритмичное строение. Они представлены чередованием породных ассоциаций карбонатного шельфа от эвапоритов супралиторальных себх до глинисто-карбонатных отложений его

глубоководной части. Широкое распространение сходных литологических ассоциаций свидетельствует, что осадконакопление происходило в обширном шельфовом бассейне.

В позднем кембрии отложения формировались в обстановках эвапоритовых платформ и приливно-отливных равнин. В это же время происходило обильное поступление терригенного материала с суши (см. Рисунок 3).

Глава 5. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ И РЕЗЕРВУАРОВ В ВЕНД-КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Основные предпосылки к образованию пустотного пространства в породах закладывались в стадию седиментогенеза и определялись их минералогическим составом и структурно-текстурными особенностями, а окончательное его формирование происходило в результате постседиментационных процессов.

Проведенный анализ позволил оценить на качественном уровне первично-седиментационные коллекторские свойства пород и выделить четыре группы.

К первой группе были отнесены породы с очень хорошими первичными коллекторскими свойствами. Эта группа пород представлена биоморфными разностями, выполняющими пойгинскую свиту в скв. Восток-3, нижеоксымскую подсвиту в скв. Восток-4 и вездеходную толщу в скв. Вездеходная-3 и 4. Обилие строматактисовых текстур и многочисленных фенестральных пустот в строматолитовых разновидностях благоприятствовало созданию хорошего пустотного пространства и фильтрации флюидов.

Во вторую группу включены породы с хорошими первичными коллекторскими свойствами. К ним отнесены зернистые доломиты пойгинской и котоджинской свит (скв. Восток-3), комковато-пизолитово-интракластические известняки с прослоями хорошо сортированных зерен шеделгинской свиты (скв. Восток-1), и, наконец, комплекс зернистых комковато-интракласто-оолитовых известняков с прослоями микрит-микробиальных сгустково-комковатых пород в верхнеаверинской, верхнекольчумской, елогуйской и среднеэвенкийской свитах (скв. Восток-4, Лемок-1, Аверинская-150). Не всегда хорошая сортированность форменных компонентов, большое количество мелких зерен, присутствие тонкослоистых ангидрит-доломитово-известковых

пород являются факторами, ухудшающими их фильтрационные свойства. Вместе с тем минимальное содержание микритового матрикса, присутствие прослоев с хорошей сортировкой зерен, наличие фенестр в строматолитовых прослоях благоприятствуют созданию хорошего пустотного пространства и фильтрации флюидов.

В третью группу включены породы со средними первичными коллекторскими свойствами. В их составе присутствуют однородные массивные песчаные доломиты и несортированные разномерные полевошпатово-кварцево-литокластитовые песчаники поделгинской свиты, интракласто-пизолито-оолитовые известняки с прослоями и пакетами микритовых, глинистых известняков и/или аргиллитов кондесской и пуджелгинской свит (скв. Восток-1), ангидрит-доломито-известковые породы тыйской свиты (скв. Восток-4 и Лемок-1), и ангидрит-известково-доломитовые брекчии нижеаверинской подсвиты (скв. Восток-4).

К группе, характеризующейся плохими первичными коллекторскими свойствами, отнесены ассоциации пород, сложенные преимущественно глинистыми доломитами и/или аргиллитами, а также эвапоритами (чурбигинская, пайдугинская, пуджелгинская, верхнеоксымская, эвенкийская (пыжинская) и усольская свиты). Карбонатные породы этих комплексов характеризуются повышенным содержанием микрита, ангидрита и галита, что обуславливает сложное строение первичного порового пространства с преобладающим развитием тонких слабо фильтрующих каналов. Наличие аргиллитов в составе этих отложений делает их непригодными для фильтрации флюидов, благодаря чему они могут выступать в качестве флюидоупоров.

Определяющую роль при формировании пористости и проницаемости в карбонатных отложениях венда сыграли постседиментационные преобразования, такие как перекристаллизация, выщелачивание, стилолит- и трещинообразование. Формирование результирующих ФЕС в кембрийском разрезе контролировалось, главным образом, окремнением, ангидритизацией, галитизацией, выщелачиванием и трещинообразованием. Интенсивность этих процессов определялась вещественным составом и структурно-текстурными особенностями пород, связанными с условиями седиментогенеза.

Наибольшее развитие постседиментационные изменения получили в зернистых и биоморфных карбонатных породах, первичные фильтрационно-емкостные свойства которых были достаточно высокими. Широкое развитие вторичных пор и каверн по наиболее перекристаллизованным участкам этих типов пород в совокупности с многочисленными пустотами выщелачивания по трещинам и стилолитам привели к увеличению пустотного пространства и формированию высокопористых и проницаемых интервалов в этих отложениях.

Процессы перекристаллизации, окремнения, ангидритизации и галитизации привели к снижению емкости и проницаемости пород. С другой стороны, породы стали более хрупкими, что способствовало развитию проницаемых трещиноватых зон. Последующее выщелачивание по трещинам привело к образованию вторичных пор и каверн, в результате чего коллекторские свойства пород улучшились.

Глава 6. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ И ФЛЮИДОУПОРЫ В ВЕНД-КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОЙ СУБПРОВИНЦИИ

Исследование коллекторов и флюидоупоров в разрезах скважин проводилось на основании сопоставления стандартных определений ФЕС, результатов интерпретации материалов ГИС и данных изучения седиментационных и постседиментационных особенностей различных типов пород.

В венд-нижнекембрийской части разреза, которая вскрыта скв. Восток-1,3 и на Вездеходной площади, по петрофизическим и литологическим данным можно выделить один резервуар. В качестве пород-коллекторов в нем выступают доломиты пойгинской, котоджинской свит и вездеходной толщи, а карбонатно-глинистые породы райгинской, чурбигинской, пайдугинской свит могут выступать в качестве единого флюидоупора.

Пористость и проницаемость матрицы по петрофизическим данным в разрезе скв. Восток-3 в пойгинской свите несколько ниже, чем в вышележащей котоджинской, хотя по данным макро- и микроскопического изучения установлено, что в целом содержание пор и каверн в пойгинской свите (10-20%) более высокое, чем в котоджинской (10-15%). В целом же открытая пористость матрицы пород обеих свит, по данным петрофизических исследований, незначительна, диапазон изменения пористости составляет от 0,6 до 2,8 %, а проницаемости от

$\leq 0,001$ до $0,7 \times 10^{-15}$ м². Однако, отмечаются редкие маломощные прослои с пористостью до 16,2% и проницаемостью до $63,4 \times 10^{-15}$ м² [Конторович и др., 2011]. Аналогичная ситуация наблюдается и в отложениях вездеходной толщи скв. Вездеходная-3,4. Значения пористости и проницаемости карбонатной матрицы составляют: 1-4% и $0,02-0,9 \times 10^{-15}$ м², но присутствуют разности с более высокими показателями пористости - до 20,8 %, проницаемости – до $7,0 \times 10^{-15}$ м². Трещиноватость в отложениях развита очень широко, что подтверждается литологическими исследованиями, данными ГИС, низким выходом и фрагментарностью керна, а также интенсивным поглощением промывочной жидкости при бурении скважин. На этом основании был сделан вывод о развитии в пойгинской, котоджинской свитах и вездеходной толще коллекторов преимущественно каверново-порового и каверново-порово-трещинного типов.

Карбонатно-терригенные породы, отнесенные к флюидоупорам (райгинской, чурбигинской и пайдугинской свит), характеризуются низкими значениями пористости и проницаемости - 0,1 % и $0,001 \times 10^{-15}$ м² [Конторович и др., 2011а].

В кембрийской части разреза скв. Восток-1 выделяется один сложный резервуар. Коллекторами в нем являются прослои зернистых карбонатных пород в составе поделгинской, кондесской и шеделгинской свит, которые разделены многочисленными непроницаемыми пластами карбонатно-терригенных и карбонатно-эвапоритовых пород. Породы-коллекторы имеют низкую емкость матрицы и относятся к поровому типу. Значения пористости составляют от 1 до 5 %, проницаемости - $0,2-7,0 \times 10^{-15}$ м². Региональным флюидоупором являются отложения верхнекембрийской пыжинской свиты. В западной части бассейна ее мощность достигает 600 м, а значения пористости составляют 0-1 %, проницаемости - $\leq 0,001 \times 10^{-15}$ м² [Конторович и др., 2011б].

На основании результатов исследования в скв. Восток-4 выделяются 3 резервуара.

Нижнеоксымский резервуар, выделенный в призабойной части скважины, является наиболее перспективным. Породы в основном представлены пористыми, кавернозными, сильно трещиноватыми биоморфными доломитами. Кавернозность достигает 10-20 %, в исключительных случаях до 30-50% от объема породы. По петрофизическим измерениям пористость матрицы варьирует от 5,8 % до 11,4 %, проницаемость меняется от $1,6 \times 10^{-15}$ м² до $124,5 \times 10^{-15}$ м².

Сочетание порово-кавернового коллектора с трещинным позволяет рассматривать нижнюю подсвиту оксымской свиты как потенциальный коллектор для углеводородов. В качестве флюидоупора в резервуаре выступают глинисто-доломито-ангидритовые отложения верхнеоксымской подсвиты.

Тыйская и аверинская свиты характеризуется неоднородностью состава и разнообразием структурных признаков, что находит отражение в фильтрационно-емкостных свойствах пород. Породы-коллекторы представлены микритово-зернистыми и строматолитовыми доломитами. Минимальное значение пористости матрицы составляет 0,24 %, максимальное - 4,5 %. Имеются участки в комковато-обломочных доломитах, где значения пористости достигают 15,9%. Проницаемость матрицы не превышает $4,6 \times 10^{-15}$ м². Присутствие многочисленных брекчированных прослоев и наличие тектонизированных зон указывает на высокую потенциальную возможность формирования в тыйской и аверинской свитах трещинно-порового и каверново-трещинного типов коллекторов. В качестве флюидоупора выступают отложения нижней кольчумской подсвиты с низкими значениями пористости и проницаемости.

Породы-коллекторы 3-го резервуара в разрезе скважины представлены оолитово-комковатыми, ступковыми известняками верхней подсвиты кольчумской свиты и нижней, средней подсвит звенкинской свиты. Породы монолитные, трещиноватость для них не характерна. Значения пористости матрицы по петрофизическим данным изменяются от 0,8 % до 5,4 %, согласно результатам интерпретации ГИС средние значения составляют 5-8%. Значения проницаемости не превышают $3,2 \times 10^{-15}$ м². Данные свидетельствуют о преимущественно поровом типе коллектора этого резервуара.

Флюидоупором для всех выделенных резервуаров служат отложения пыжинской свиты, которые в восточной части бассейна достигают мощности 800 м.

Выделенные в кембрийской части разреза резервуары литологически и фациально выдержаны, что подтверждается результатами интерпретации геофизических данных, и прослеживаются в разрезах скважин Лемок-1, Аверинская-150 и Тыйская-1.

Таким образом, в венд-кембрийском разрезе Предъенисейского осадочного бассейна выделено пять резервуаров (Рисунок 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследования венд-кембрийских отложений, вскрытых параметрическими скважинами в южной части Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции, сводятся к следующему:

1. Выяснено, что в их составе доминируют карбонатные породы, среди которых установлены структурно-генетические типы. Выделенные породные ассоциации свидетельствуют о том, что осадконакопление на исследуемой территории происходило, главным образом, в обстановках карбонатного шельфа: от супралиторали до глубоко погруженной его части.

2. Выполнена качественная оценка первично-седиментационных коллекторских свойств отложений, сформировавшихся в различных обстановках седиментации, которая показала, что хорошими первичными характеристиками обладали отложения отмелей, а также слабо выраженных межбаровых депрессий с активным накоплением биоморфных и зернистых карбонатных пород.

3. Проведен анализ влияния постседиментационных преобразований на пористость и проницаемость пород-коллекторов. Выяснено, что их формирование в верхневендском и кембрийском разрезах контролировалось, главным образом, постседиментационными процессами: окремнением, сульфатизацией, выщелачиванием и трещинообразованием. Интенсивность этих процессов определялась вещественным составом и структурно-текстурными особенностями пород, связанными с условиями седиментогенеза.

4. По литологическим, геолого-геофизическим и петрофизическим данным в венд-кембрийском разрезе выделено пять резервуаров (см. Рисунок 4).

5. Установлено, что характер проявления постседиментационных процессов в вендских отложениях предопределил развитие коллекторов преимущественно каверново-порового и каверново-порово-трещинного, а в кембрийских отложениях - порово-каверново-трещинного и трещинно-порового типов.

6. Дана литолого-петрофизическая характеристика проницаемых комплексов и флюидоупоров.

Список опубликованных работ по теме диссертации

В журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией:

1. Тумашов, И.В. Влияние постседиментационных процессов на формирование коллекторских свойств венд-нижнекембрийских карбонатных отложений Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции [Электронный ресурс] / И.В. Тумашов // Нефтегазовая геология. Теория и практика: электрон, науч. журнал. – 2013. - Т.8. - №1. - С. 1-21. Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/1_2013.pdf, свободный.

2. Тумашов, И.В. Литология венд-нижнекембрийских отложений Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции (по результатам бурения параметрических скважин Восток-1,3,4) / И.В. Тумашов // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. - 2013. - Т. 323. - № 1: Науки о Земле. – С. 99-104.

В других изданиях:

3. Тумашов, И.В. Влияние условий осадконакопления на формирование коллекторских свойств верхнедокембрийских отложений параметрической скв.Восток-3 (юго-восток Западно-Сибирской плиты) / И.В. Тумашов // «Трофимуковские чтения – 2007». Научная конференция молодых ученых, аспирантов, студентов, 8-14 октября 2007 г. : материалы конференции. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2007. - С. 48-50.

4. Тумашов, И.В. Литология верхнедокембрийских карбонатных отложений параметрической скв.Восток-3 (юго-восток Западно-Сибирской плиты) / И.В. Тумашов // «Студент и научно-технический прогресс». Геология: сб. материалов. междунар. научн. конференции «МНСК XLV» (10-12 апреля 2008 г., г. Новосибирск). – Новосибирск : НГУ, 2007. - С. 91-93.

5. Тумашов, И.В. Литолого-петрофизическая характеристика рифей-палеозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты / И.В. Тумашов // «Студент и научно-технический прогресс». Геология: сб. материалов. междунар. научн. конференции «МНСК XLVI» (26-30 апреля 2008 г., Новосибирск). – Новосибирск : НГУ, 2008. - С. 8-10.

6. Тумашов, И.В. Обстановки формирования венд-кембрийских отложений Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции Западно-Сибирской геосинеклизы / И.В. Тумашов // «Трофимуковские чтения – 2008». Научная конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. 5-12 октября 2008 г. : материалы конференции. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2008. – Т.П.С. 132-134.

7. Тумашов, И.В. Литолого-петрофизическая характеристика венд-палеозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты / И.В. Тумашов // Вестник НГУ. - 2008. - С. 87-93.

8. Тумашов, И.В. Седиментационные факторы формирования коллекторских свойств венд-кембрийских отложений Приенисейской нефтегазоносной субпровинции (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) / И.В. Тумашов, И.В. Вараксина // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 2. Недропользование. Новые направления технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых : сб. материалов. междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» (20-24 апреля 2009 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГГА, 2009. - С. 93-97.

9. Tumashov, I. Lithologic and petrographic characteristics of Vend-Palaeozoic sediments of the Southeast of West Siberia/ I. Tumashov //1 World –Y.E.S. Congress 2009. Young Earth Scientists for Society. – Beijing : China University of Geosciences, 2009. - P. 202-203.

10. Тумашов, И.В. Литология и коллекторские свойства венд-нижекембрийских отложений Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции / И.В. Тумашов // «Концептуальные проблемы литологических исследований в России». VI Всероссийское литолог. совещание: сб. матер. (26-30 сентября 2011 г., Казань). – Казань: Казан. ун-т, 2011. – Т. II. – С. 346-349.

11. Тумашов, И.В. Литология венд-кембрийских отложений Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции (по результатам бурения параметрических скважин восток-1,3,4) / И.В. Тумашов // «Фациальный анализ в нефтегазовой литологии». II Региональное совещание, посвященное 100-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук Л.Н. Ботвинкиной. 9-11 апреля 2012 г.: материалы совещания. – Томск: ЦППС НД, 2012.- С. 276-283.

12. Тумашов, И.В. Резервуары нефти и газа в венде и кембрии Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции / И.В. Тумашов // «Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири». Всероссийская научная конференция молодых ученых и студентов, посвященная 80-летию академика А.Э. Конторовича: сб. матер. (10-15 февраля 2014 г., Новосибирск). - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. – С. 77-80.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 02.09.2014

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 0,9. Тираж 120. Зак. №104

ИНГГ СО РАН, ОИТ, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3



Рисунок 1 - Схема расположения скважин на территории Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции

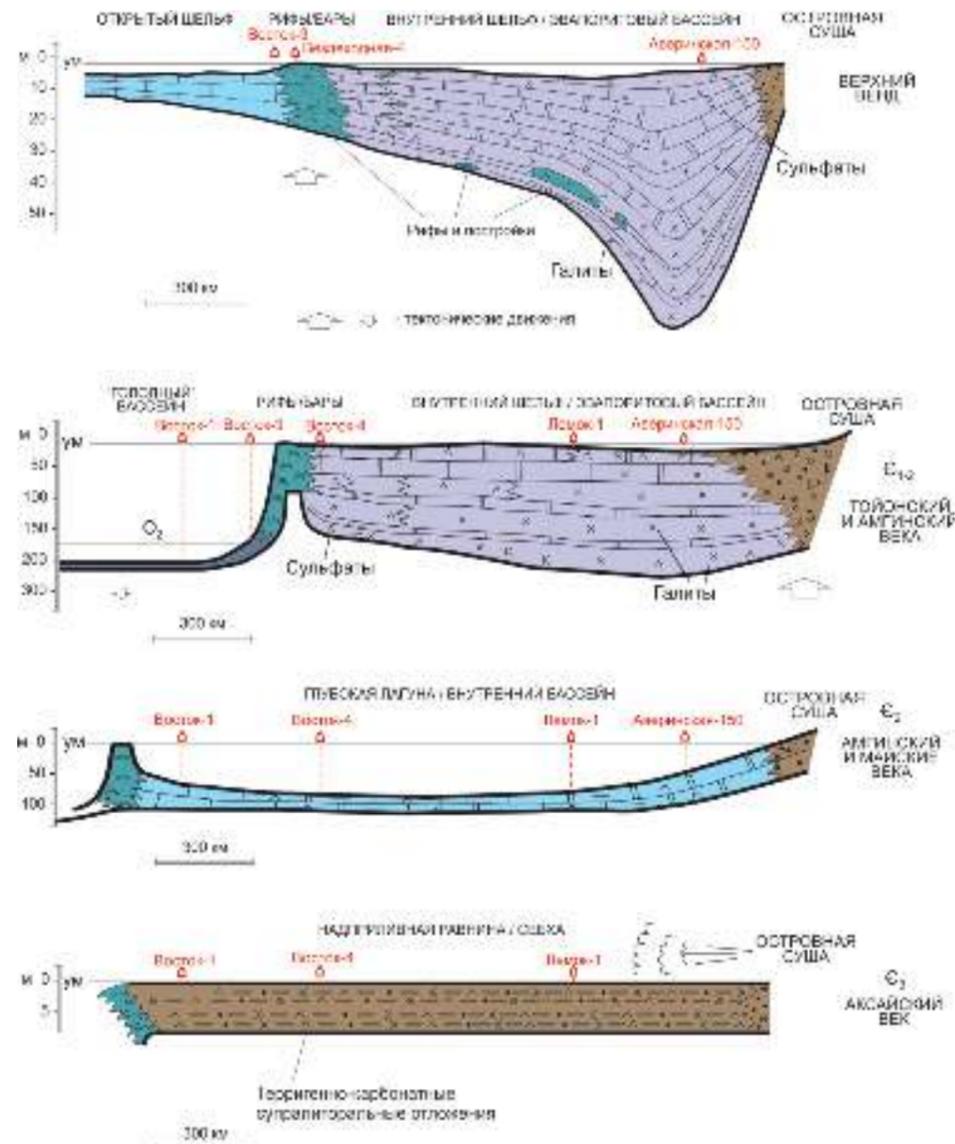


Рисунок 3 - Обстановки седиментации и эволюция карбоната накопления в венд-кембрийском бассейне Предьенисейской субпровинции

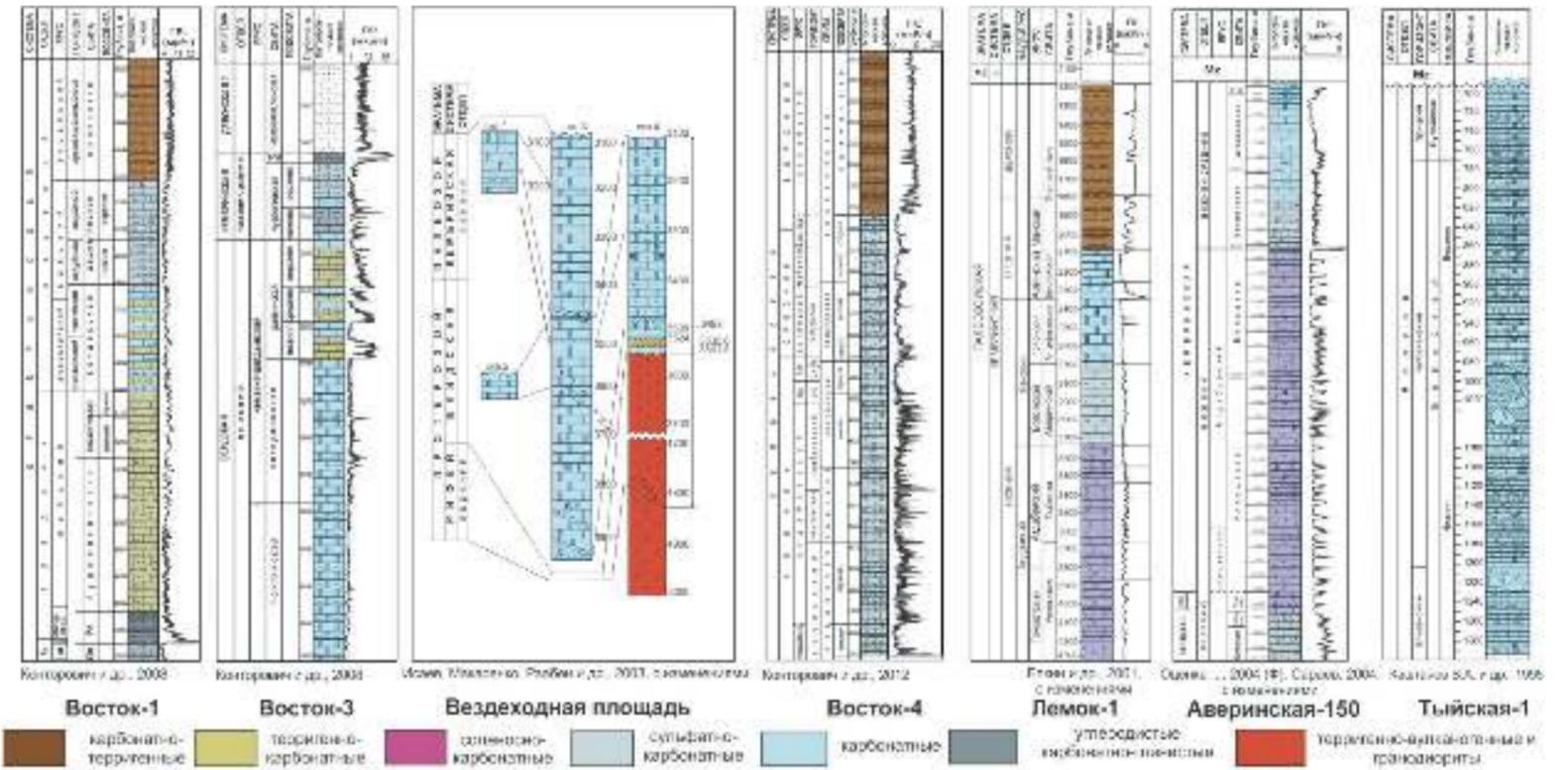


Рисунок 2 - Строение и состав отложений венда и кембрия предьенисейской части Западно-Сибирской геосинеклизы

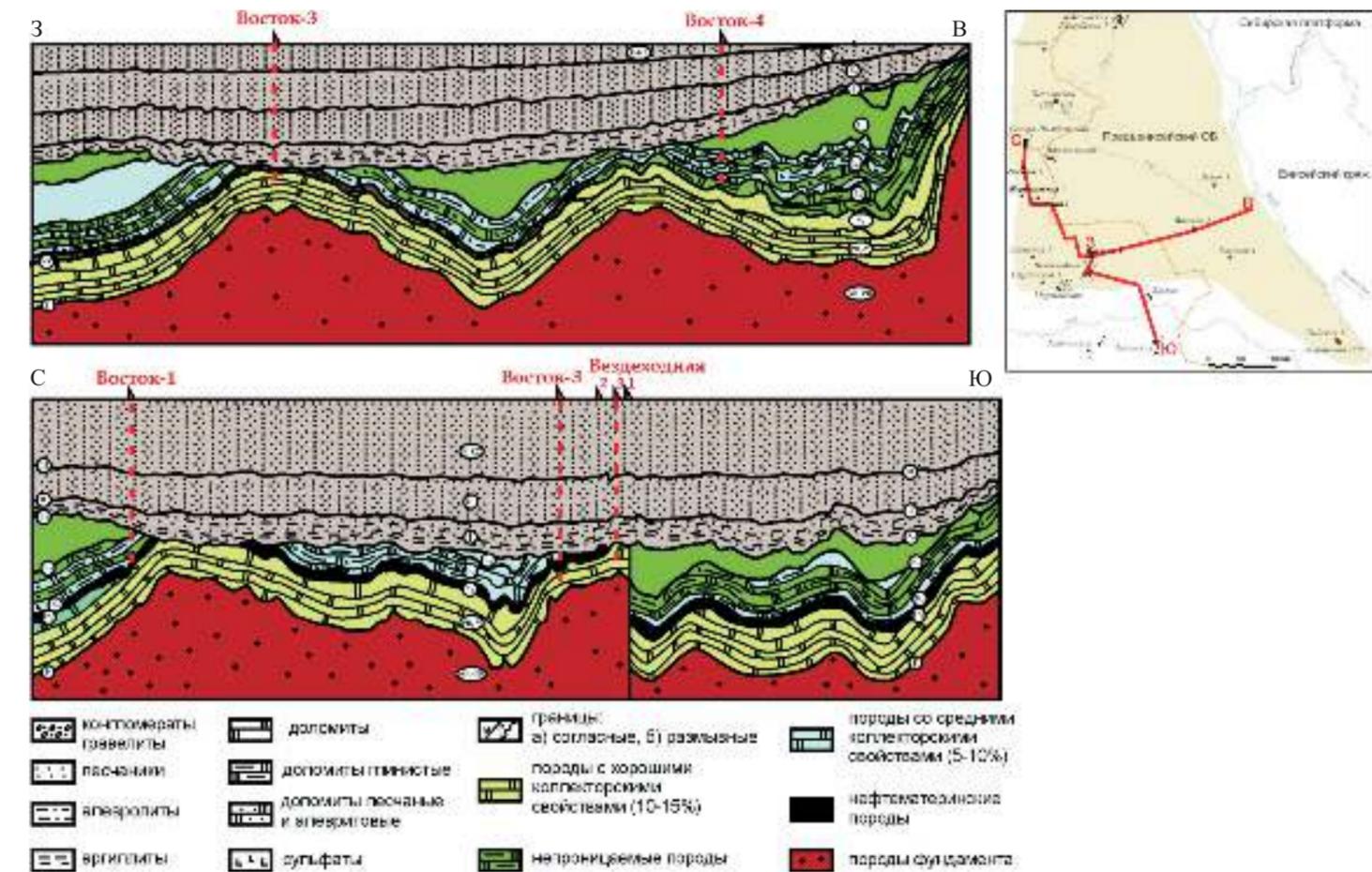


Рисунок 4 - Разрез потенциально нефтегазоносных отложений венда и кембрия Предьенисейского бассейна