

На правах рукописи



ФИЛИППОВ Юрий Федорович

**ГЕОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКО-
ПАЛЕОЗОЙСКОГО ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОГО
ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА НА ЮГО-ВОСТОКЕ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

25.00.12 – геология, поиски и разведка нефтяных и газовых
месторождений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Брехунцов Анатолий Михайлович,

доктор геолого-минералогических наук, генеральный директор
НАО «Сибирский научно-аналитический центр», г. Тюмень;

Прищепа Олег Михайлович,

доктор геолого-минералогических наук, управляющий директор
АО «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский
геологоразведочный институт», г. Санкт-Петербург;

Ступакова Антонина Васильевна

доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующая
кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых
Геологического факультета, Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова», г. Москва.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский геологический
нефтяной институт», г. Москва.

Защита состоится 16 октября 2018 г. в 10 час. на заседании
диссертационного совета Д 003.068.02 на базе Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой
геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения
Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), в конференц-зале.

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с
требованиями Минобрнауки России, просим направлять по адресу:
630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3;
факс (8-383) 330-28-07; e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на
официальном сайте ИНГГ СО РАН:
<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/commettee/Filippov2018>.

Автореферат разослан 24 августа 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, к.г.-м.н.
8(383)330-95-17



Е.А. Костырева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объектом исследований являются верхнепротерозойско-палеозойские комплексы на юго-востоке Западно-Сибирской плиты (ЗСП), формирующие Предьенисейский осадочный бассейн (в современных его границах).

Настоящая работа посвящена решению **проблемы** строения земной коры в области сочленения Сибирской платформы (СП) и примыкающих с запада складчатых сооружений, а именно - построению модели геологического строения, изучению тектонической природы слабоизученных доюрских комплексов на юго-востоке ЗСП, и оценке перспектив их нефтегазоносности, что имеет важное научное и хозяйственное значение.

Актуальность темы. Фундаментальные проблемы строения земной коры в области сочленения платформ и складчатых поясов являются одними из наиболее актуальных в области наук о Земле. Комплексное изучение Предьенисейского осадочного бассейна вносит существенный вклад в ее решение. Проблемы регионального геологического строения, геодинамической истории и соотношения погребенных доюрских комплексов на востоке ЗСП с выходящими на поверхность структурами обрамления, их нефтегазоносный потенциал относятся к числу малоизученных и дискуссионных.

Кроме того, актуальность темы заключается в необходимости уточнения направлений поисков и разведки углеводородов в доюрском комплексе основания ЗСП. Очевидно, что для современного социально-экономического развития региона и страны в целом важное значение имеет нефтегазовый комплекс - крупнейший бюджетоформирующий сектор промышленности, обладающий существенным мультипликативным эффектом. Обозримое будущее региона в значительной мере зависит от его функционирования. В этой связи особую актуальность приобретает проведение научных работ, направленных на восполнение базы углеводородных ресурсов, в частности, за счет включения в область дальнейших исследований новых глубокопогруженных горизонтов и слабоизученных территорий.

В этом отношении одним из перспективных объектов ЗСП считаются доюрские комплексы на юго-востоке плиты, где мезозойско-кайнозойскими осадками перекрыта сложная система докембрийских и палеозойских структур. Важное место среди них занимает мощный и умеренно дислоцированный верхнедокембрийско-палеозойский осадочный комплекс, обособленный в самостоятельный Предьенисейский осадочный бассейн.

Проведенные в регионе в последние годы масштабные региональные геолого-разведочные работы (ГРР) предоставили принципиально новые и уникальные геологические и геофизические материалы, которые требуют тщательного анализа, интерпретации и обобщения.

Степень разработанности. Единого мнения о геологической истории и нефтегазоносном потенциале доюрских комплексов на востоке ЗСП у специалистов до сих пор не выработано, а необходимость дальнейших поисков углеводородов в этих отложениях остается предметом научных дискуссий. На протяжении многих лет доюрские комплексы ЗСП рассматривались в качестве потенциально нефтегазоносных. В 30-е годы XX столетия на это указывали Р.С. Ильин, М.К. Коровин, Н.А. Кудрявцев, М.М. Чарыгин и ряд других известных ученых, а с 60-х годов эту точку зрения энергично отстаивал А.А. Трофимук и его коллеги В.С. Вышемирский, Н.П. Запывалов, В.А. Каштанов и др. В настоящее время на территории Западной Сибири в палеозое открыто более 60 месторождений и обнаружены многочисленные нефтепроявления. Наряду с этим, существует иная точка зрения (Ф.Г. Гулари, О.Г. Жеро, А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Н.Н. Ростовцев, Л.В. Смирнов, В.С. Старосельцев, В.С. Сурков, А.Н. Фомин и др.), согласно которой нефтегазоносный потенциал доюрского этажа оценивается более осторожно, а возможности открытия крупных сингенетичных скоплений углеводородов в нем практически отрицаются.

До середины 80-х годов прошлого столетия изученность осадочных комплексов Предъенисейского бассейна была ограничена редкими скважинами, пробуренными в 50-х - 70-х годах и вскрывшими доюрские отложения на небольшую глубину, гравиметрической и магнитометрической съемками, материалами ГСЗ и редкими сейсмическими профилями ОГТ в его западной части. С середины 80-х до 90-х годов большая часть территории бассейна была охвачена сейсмическими работами ОГТ, которые указывали на наличие в этой части мощного осадочного бассейна с древним (протерозойским и (или) древнее) фундаментом. Целенаправленные исследования бассейна начались только со второй половины 90-х годов XX столетия, когда на его территории были пробурены первые глубокие параметрические скважины. С этого времени центром исследований стал ИНГГ СО РАН, где в начале 2000-х годов под руководством академика А.Э. Конторовича была разработана программа региональных ГРР «Восток» с целью изучения доюрских комплексов на востоке ЗСП и оценке их нефтегазоносного потенциала. Материалы, полученные в результате реализации этой программы (наряду с более ранними), легли в основу настоящего исследования и обобщения автора.

Цели и задачи исследования. Цель работы – на базе комплексного научного анализа и интерпретации геолого-геофизических материалов с использованием современных программно-алгоритмических средств и научных разработок построить модель геологического строения Предъенисейского осадочного бассейна и оценить перспективы нефтегазоносности неопротерозойско-палеозойских отложений на юго-востоке ЗСП.

При этом решались следующие основные задачи:

1. С учетом данных параметрического бурения, изучения пород в обнажениях и материалов сейсмопрофилирования, разработать новые, детализировать и уточнить существующие стратиграфические схемы верхнедокембрийских и палеозойских отложений бассейна, провести корреляцию с одновозрастными толщами в смежных областях Енисейского кряжа и СП.

2. На основе полученных данных вещественного состава отложений и стратиграфических разбивок выполнить геологическую интерпретацию геофизических материалов (сейсмических материалов ОГТ и данных гравимагнитных съемок). Построить сейсмогеологическую модель строения Предъенисейского осадочного бассейна, включая базовые сейсмогеологические разрезы, серию структурных карт на различные стратиграфические уровни, структурно-тектонические схемы, геологическую карту на предъюрскую поверхность.

3. Выполнить палеогеодинамические и палеогеографические реконструкции на докембрийские и палеозойские этапы, провести корреляцию с событиями в смежных тектонических зонах. Выделить главные этапы и особенности формирования основных структур бассейна с установлением возрастных рубежей проявления тектонической активизации и магматических событий.

4. Провести анализ структурно-тектонических, литологических, петрофизических, тектонических, гидрогеологических, геотермических, геохимических критериев для оценки потенциальной нефтегазоносности бассейна.

5. Выполнить нефтегазогеологическое районирование бассейна и определить наиболее перспективные участки для проведения ГРП.

Научная новизна. Личный вклад. Автором выполнен комплексный анализ и научное обобщение всех имеющихся геолого-геофизических данных по Предъенисейскому осадочному бассейну.

Им проведен анализ и интерпретация материалов сейсмического профилирования ОГТ, данных грави - и магнитометрии, выделены и закартированы основные структурно-вещественные комплексы, построены детальные геологические разрезы, структурные, структурно-

тектонические и геологические карты на территорию бассейна.

С учетом новых данных бурения, анализа литологического состава и материалов ГИС, палеонтологических и радиологических определений возраста пород, сейсмических материалов, совместно с С.В. Сараевым и И.В. Корониковым разработана региональная стратиграфическая схема кембрийских отложений для юго-восточных районов Западной Сибири, которая в апреле 2018 г. была одобрена МСК РФ. Автором обоснована необходимость ревизии действующей рабочей региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины, утвержденной МСК РФ в 1999 г., предложен вариант такой схемы.

Автором разработана схема геодинамического развития бассейна, согласно которой позднепротерозойско-палеозойский комплекс рассматривается в качестве чехольных образований Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива), в результате коллизионных процессов консолидировавшегося в предэдиакарское время с краевыми частями СП. Сделан вывод, что в раннем кембрии западные районы бассейна принадлежали к активной части полуоткрытой задуговой котловины, переходившей на востоке в эпиконтинентальный солеродный суббассейн, отделенный от открытого моря системой барьерных рифов, являющихся южным продолжением кембрийских рифов, прослеженных в северо-западных районах СП. Установлены основные этапы эволюции бассейна.

Выполнены региональные палеогеографические реконструкции бассейна на основные стратиграфические уровни венда и кембрия. На основе установленной литолого-фациальной зональности выявлены закономерности распределения перспективных нефтегазоносных комплексов, закартированы потенциально нефтидопроизводящие осадочные толщи, а также наиболее благоприятные зоны нефтегазонакопления, связанные с наличием регионально развитых коллекторов и надежных флюидоупоров.

Проведено моделирование погружений осадочных толщ, их термальной истории и динамики реализации нефтегазогенерационного потенциала нефтематеринских пород. Выявлены факторы, свидетельствующие как о потенциальной нефтегазоносности Предъенисейского бассейна, так и существенно ограничивающие ее.

По совокупности критериев выделены наиболее перспективные участки, даны конкретные рекомендации по их дальнейшему изучению.

Теоретическая и практическая значимость. Установленные закономерности геологического строения доюрских комплексов пород в юго-восточных районах ЗСП, выявленные особенности геодинамической

эволюции осадочного бассейна вносят значительный вклад в решение фундаментальных проблем строения земной коры в области сочленения платформ и складчатых поясов.

Разработанная стратиграфическая схема кембрийских отложений и существенная ревизия схемы более молодых палеозойских комплексов, выявленные закономерности палеогеографической зональности, значительно расширяют диапазон и повышают достоверность фациальных, палеогеографических и палеогеодинамических реконструкций бассейна, а также позволяют лучше понять тектоническую природу и возраст сингенетичных складчатых сооружений в смежных регионах.

Выполненные построения и анализ всех факторов потенциальной нефтегазоносности являются основой для региональной оценки перспектив нефтегазоносности региона. Полученные результаты могут использоваться (и уже широко используются) в практических целях для подготовки программ недропользования и рекомендаций к поисково-разведочным работам в Западной Сибири. Изложенные в диссертации выводы могут быть учтены геологическими научными и производственными организациями при выработке стратегии освоения углеводородных ресурсов в этом регионе.

Фактический материал и методы исследований. В основу работы положен выполненный автором в течение 25 лет комплексный анализ сейсмических данных ОГТ (региональные работы в восточных районах Томской области и ХМАО, в левобережной части р. Енисей Красноярского края), гравимагнитных съемок, материалов полевых исследований в западной части Енисейского кряжа, а также материалов, полученных при бурении 8 глубоких параметрических скважин.

В процессе работы была проведена геологическая интерпретация более 300 региональных сейсмических профилей, общим объемом более 20000 км, выполненных в разные периоды с 1976 по 2013 годы. Для реализации интерпретационных задач и структурных построений использовался программный пакет фирмы Landmark - Open Work (Seis Work) на вычислительной системе Sun SPARC station, а позднее - оригинальный программный пакет «W-Seis», разработанный в лаборатории сейсмогеологического и математического моделирования нефтегазоносных систем ИНГГ СО РАН В.В. Лапковским и В.А. Конторовичем. Структурные построения (сеточные модели) и операции выполнялись с использованием пакета программ SURFER, а также программных пакетов «GridMaster» и «GridBuilder», разработанных этими же авторами.

В качестве основного методического подхода при выполнении

интерпретаций использовались детально разработанные и апробированные зарубежными и отечественными исследователями приемы сейсмической стратиграфии [Волож, 1986; Волож и др., 1994; Гиршгорн, 1983, 1985; Гладенков и др., 1984, 1988; Гогоненков, Михайлов, 1983; Методика..., 1984; Гогоненков, 1987; Жарков, 1993; Ковылин, Шлезингер, 1994; Кунин, 1983; Кунин, Кучерук, 1984; Мак-Куилин и др., 1985; Сейсмическая..., 1982; Структурно-формационная..., 1990; Хаттон и др., 1989; Шерифф, Гелдарт, 1987; Шлезингер, 1998 и др.].

Аналитические работы по комплексному исследованию образцов ядерного материала и флюидов глубоких скважин проводились, в основном, специалистами ИНГГ СО РАН, а также Аналитического центра ИГМ СО РАН, СНИИГГиМС, Центральной лаборатории ОАО «Красноярскгеология», ТГУ и включали палеонтологические, литологические, петрологические, геохимические, изотопные, палеомагнитные и другие виды исследований.

Общие вопросы геологии и основные методические подходы к комплексному изучению осадочных бассейнов, которые использовались автором, рассмотрены в многочисленных работах отечественных и зарубежных специалистов [Фортунова и др., 2000; Литогеодинамика..., 1998; Геоисторический..., 1999; Осадочные..., 2004; Allen P.A., Allen J.R., 2013 и др.]. С учетом целевой направленности исследований (оценка нефтегазосного потенциала), под осадочным бассейном в диссертации принимается современная (реально существующая) отрицательная структура осадочного чехла («впадины, заполненные осадочными или осадочно-вулканогенными породами» по Ю.Г. Леонову и Ю.А. Воложу [Осадочные..., 2004]). В таком понимании бассейн выделен и оконтурен по имеющимся геолого-геофизическим данным, безотносительно размеров, которыми он мог обладать в разные периоды осадконакопления и которые являются отдельной проблемой реконструкций. При этом в разрез бассейна включены «последовательности пород, образовавшихся в исторически сменявших друг друга палеобассейнах, контуры которых не обязательно совпадали с контуром сформировавшегося в итоге бассейна» [Осадочные..., 2004]. В этом смысле он отличается от понятия «седиментационный бассейн».

При оценке перспектив нефтегазосности бассейна использовались разработанные российскими специалистами системные подходы изучения генезиса и геодинамической истории осадочных бассейнов, критерии и методы оценки перспектив нефтегазосности слабо изученных территорий (главным образом, на примере СП) (Т.К. Баженова, А.А. Бакиров, И.О. Брод, Л.М. Бурштейн, Н.Б. Вассоевич, Ю.А. Волож, Ф.Г. Гурари, В.И. Демин, А.Н. Дмитриевский, А.Э. Конторович,

Ю.Г. Леонов, Н.В. Мельников, М.С. Моделевский, В.Д. Наливкин, Б.А. Соколов, А.А. Трофимук, В.Е. Хаин, В.С. Шеин, В.И. Шпильман и др.). При моделировании истории погружений и генерации нефтидов использовались широко известные методические разработки [Галушкин, 2007; Allen P.A., Allen J.R., 2013; Hantschel, Kauerauf, 2009; Peters et al., 2009 и др.], в той или иной мере реализованные в программно-методическом комплексе TEMIS (Beicip-Franlab Company).

В диссертационной работе автор **защищает следующие научные положения и результаты:**

1. Установлено, что к западу от р. Енисей под мезозойско-кайнозойскими отложениями Западно-Сибирской плиты широко распространены умеренно дислоцированные мощные неопротерозойские и нижнепалеозойские отложения, которые образуют древний Предьенисейский осадочный бассейн. Основную часть осадочного выполнения составляют верхнепротерозойско-кембрийские преимущественно карбонатные отложения. При этом, нижнекембрийские комплексы образуют закономерную по латерали формационную последовательность: развитые на западе бассейна соленосно-карбонатные толщи мощностью до 3 км, сменяются преимущественно карбонатными (рифогенными) в центральных районах, и терригенно-карбонатными (в верхней части углеродистыми) толщами на западе с редуцированной мощностью до 200-300 м.

Для кембрийских отложений разработана региональная стратиграфическая схема, включающая корреляцию разрезов бассейна с одновозрастными аналогами на Сибирской платформе. Предложен авторский вариант уточнения действующей рабочей региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской плиты, утвержденной МСК РФ в 1999 г.

2. Результаты интерпретации сейсмических данных, выполненные структурные и структурно-тектонические построения свидетельствуют о согласном залегании и едином структурном плане всех осадочных толщ от венда до нижнего палеозоя включительно. Основные дислокации, дизъюнктивные нарушения и интрузивные тела (за исключением пермско-триасовых) приурочены к бортовым частям бассейна. В центральной части в целом спокойное залегание осадочных отложений осложнено рядом антиклинальных (линейно вытянутых в северо-западном направлении) структур, связанных с соляным тектогенезом. По результатам картирования выявлено, что на предъюрскую поверхность в пределах территории бассейна выходят преимущественно кембрийские толщи, в западной части на контрастных поднятиях – вендские. В наиболее погруженных зонах возможно наличие ордовикских и силурийских

отложений.

3. С геодинамических позиций верхнепротерозойско-палеозойский осадочный комплекс представляет собой чехольные образования, частично перекрывающие байкальские сооружения западной окраины Сибирской платформы и примыкающего к ним Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива). С эдиакария, времени окончания аккреции и консолидации микроконтинента с краевыми частями Сибирской платформы, причленившийся жесткий блок развивается уже как единая с ней структура. Сравнительный анализ волновой картины на сейсмических разрезах Предъенисейского бассейна и Сибирской платформы указывает на полную идентичность последовательностей сейсмических горизонтов, отвечающих вендским и кембрийским осадочным комплексам, а, следовательно, и на единство седиментационных циклов в этом временном интервале.

В раннем кембрии западные районы бассейна принадлежали к активной континентальной окраине и располагались в пределах полуоткрытой задуговой котловины (backarc basin), которая на востоке в тыльной части переходила в эпиплатформенный суббассейн.

4. Выполненные палеогеографические реконструкции во временном диапазоне от позднего венда до позднего кембрия включительно указывают на длительное существование на территории Предъенисейского бассейна трёх основных фациальных областей. Ведущая роль среди них принадлежит области развития барьерных рифов, протягивающихся в виде полосы северо-западного простирания шириной от 40 до 150 км, и являющихся западным фрагментом единого раннекембрийского рифогенного пояса Сибирской платформы. К востоку от рифовой барьерной гряды в позднем венде возник Предъенисейский солеродный суббассейн, являвшийся крупным заливом Восточно-Сибирского солеродного бассейна. В западных районах бассейна осадки формировались в зоне открытого шельфа, при этом верхняя часть нижнего кембрия - низы среднего кембрия представлены высокоуглеродистыми кремнисто-глинисто-известковыми отложениями пайдугинской свиты – аналогом куонамского комплекса на Сибирской платформе.

5. Имеющиеся геолого-геофизические материалы не позволяют однозначно оценить перспективы нефтегазоносности этого региона. Наличие в разрезе мощной толщи осадочных отложений платформенного типа, нефтидопроизводящих пород, региональных резервуаров (осадочных толщ с хорошими коллекторскими свойствами и перекрывающих их мощных флюидоупоров), потенциальных зон нефтегазонакопления, благоприятные гидрогеологические условия, прямые признаки нефтегазоносности и следы масштабных процессов

генерации и миграции углеводородов свидетельствуют о высоких перспективах нефтегазонасыщенности Предьенисейского бассейна.

В то же время, геохимические данные и результаты моделирования динамики генерации углеводородов свидетельствуют о высокой степени катагенетической преобразованности органического вещества и реализации генерационного ресурса докембрийских и кембрийских нефтематеринских толщ. К неблагоприятным факторам относятся значительные масштабы денудации, имевшие место в герцинское время, древний возраст формирования потенциальных залежей и, как следствие, риски, связанные с их сохранностью в течение длительного периода.

Достоверность научных результатов обеспечивается:

- использованием максимального количества имеющихся геолого-геофизических материалов;

- применением современных методов анализа и интерпретации геолого-геофизических материалов, опирающихся на традиционные и новые, зарекомендовавшие себя методические приемы;

- использованием эффективных интерпретационных программных пакетов Landmark - Open Work (Seis Work), GS Surfer, программного комплекса TEMIS (Beicip-Franlab Company), а также разработанные в ИНГГ СО РАН программы W-Seis, GridMaster и GridBuilder;

- комплексным характером исследований, включающих как геофизические методы, так и данные лабораторных анализов кернового материала.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации и результаты исследований докладывались автором и получили одобрение на XXXI международном геологическом конгрессе в Рио-де-Жанейро (2000 г.), международных конференциях «Exploration and Production Operations in Difficult and Sensitive Aries» в С-Петербурге (2001 г.), «New Ideas in Geology and Geochemistry of Oil and Gas» в Москве (2000, 2002, 2015 и 2017 гг.), «Neoproterozoic sedimentary Basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential» в Новосибирске (2011 г.), «The 10th Saint-Petersburg International Energy Forum» в Санкт-Петербурге (2010 г.), «Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development «GEOMODEL» в Геленджике (2007, 2014 и 2015 гг.), китайско-российском научном симпозиуме по нефтегазовой геологии древних осадочных бассейнов в г. Ланфан, КНР (2016 г.), II-й международной конференции и выставке «Нефть и газ Сибири-2016 в Красноярске (2016 г.), III-й международной научной конференции «Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, стратиграфия, гидрогеохимия, геохронология, геодинамика и металлогения» в Новосибирске (2016 г.), 32 всероссийских и региональных

научных и научно-практических конференциях, тектонических и литологических совещаниях.

Разработанные при участии автора региональные стратиграфические схемы кембрийских и палеозойских отложений Предьенейского осадочного бассейна были представлены и одобрены для принятия МСК РФ на региональном Стратиграфическом совещании по разработке региональных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Сибири в Новосибирске в 2012 г и опубликованы в ряде статей и монографии. В апреле 2018 г. схема кембрийских отложений одобрена Комиссией МСК РФ.

Результаты исследований докладывались автором на НТС и семинарах в ряде профильных организаций (Министерство природных ресурсов РФ, Комитеты природных ресурсов по Сибирскому и Уральскому ФО, ОАО «Пурнефтегазгеология», ОАО «ВНК», ОАО «НК ЮКОС», ОАО «Славнефть-Мегионнефтегазгеология», ЗАО «Красноярскгеофизика», ОАО «НК «Роснефть», КрасноярскНИПИнефть, ФГУП «СНИИГТИМС», ФГУП «ЗапСибНИИГТ», ФГУП «ВНИГНИ», НАЦ РН им. В.И. Шпилльмана и др.). Полученные автором результаты были положены в основу разработанных в ИНГГ СО РАН и принятых Министерством природных ресурсов РФ федеральных и региональных программ регионального изучения и недропользования в Западной Сибири.

По теме диссертации опубликованы 83 печатные работы (личные и в соавторстве). 23 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК России («ДАН», «Геология и геофизика», «Геология нефти и газа», «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»), 2 работы в сборниках научных трудов, 2 препринта ОИГТИМ СО РАН, 1 работа («Программа и концепция развития нефтяной и газовой промышленности в Томской области») в виде отдельного научного издания, 54 статьи в сборниках тезисов и материалах конференций (6 из них в рецензируемых изданиях, регистрируемых РИНЦ). Кроме того, в 2016 г. издана коллективная монография, где соискатель был одним из авторов крупного раздела (Глава «Предьенейский осадочный бассейн»).

Материалы диссертации вошли в 42 научных отчета ИНГГ СО РАН (ранее ОИГТИМ СО РАН), включая отчеты по Межведомственной региональной научной программе «Поиск» (организаторы – «Роскомнедра» и «Минтопэнерго») и Государственным контрактам по заказам Министерства природных ресурсов РФ и нефтяных государственных компаний.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Общий объем работы составляет 346 страниц, включая 86

рисунков и 7 таблиц. Список использованной литературы включает 338 наименований.

Работа выполнена в лаборатории сейсмогеологического моделирования природных нефтегазовых систем ИНГТ СО РАН.

Благодарности. Свои исследования автор начинал под руководством д.г.-м.н. В.А. Каштанова и д.г.-м.н., профессора Н.П. Запивалова – последователей идей академика А.А. Трофимука, который до последних своих дней оказывал всемерную поддержку этим работам. Всем им автор безмерно благодарен за уроки и неоценимую помощь.

Вдохновляющей идеей к исследованиям доюрского комплекса в юго-восточной части Западной Сибири послужили результаты пионерных работ красноярского геолога Н.Н. Дашкевича (позднее в содружестве с В.А. Каштановым и С.А. Степановым) и последующие геофизические материалы ОАО «Енисейгеофизика» (В.Г. Сибгатуллин, А.С. Ефимов, В.А. Вальчак, А.А. Евграфов) по территории Красноярского края и материалы ЗАО «ТГТ» (В.А. Кондрашов, В.Н. Петров, А.С. Шатова) по территории Томской области. Их вклад в дело систематического изучения этого «белого пятна» огромен.

Исследования проводились под общим руководством академика А.Э. Конторовича, благодаря инициативе которого была разработана и в большой степени реализована целевая Программа регионального изучения восточной части Западной Сибири «Восток», результаты выполнения которой легли в основу этой работы. Помимо этого, А.Э. Конторович, членом научной школы которого много лет являлся автор, руководил, оказывал всестороннюю поддержку исследованиям, организовывал творческий процесс и обмен мнениями, давал ценные советы и замечания. Автор выражает ему свою искреннюю и глубокую признательность.

Особую благодарность автор выражает руководителю лаборатории чл.-корр. РАН В.А. Конторовичу. Геофизическая часть работ в рамках проведенных исследований проводилась благодаря его постоянному содействию и ценным замечаниям.

Отдельные теплые слова за огромную помощь и совместные полевые работы на Енисейском кряже литологу к.г.-м.н. С.В. Сараеву, творческое содружество с которым принесло автору бесценный опыт и способствовало получению важных результатов.

Как любое комплексное геолого-геофизическое исследование, эта работа вобрала в себя труд многих специалистов. В процессе работы автор пользовался материалами, советами и консультациями, конструктивной критикой многих коллег, в частности, А.К. Башарина, С.Ю. Беляева, В.С. Бочкарева, М.М. Буслова, Л.М. Бурштейна, В.Н. Вальчака, И.В. Варакиной, А.И. Варламова, В.А. Верниковского (и членов его

группы), Д.В. Гражданкина, А.А. Евграфова, Е.А. Елкина, А.С. Ефимова, К.С. Иванова, А.Ю. Казанского, А.Г. Клеца, И.В. Коровникова, Е.А. Костыревой, Б.Б. Кочнева, В.А. Кринина, В.В. Лапковского, Б.В. Лунева, В.А. Лучининой, Н.В. Мельникова, П.Н. Мельникова, Д.А. Новикова, А.А. Постникова, С.В. Сараева, Н.В. Сенникова, З.Я. Сердюк, Л.В. Смирнова, Ю.К. Советова, В.С. Старосельцева, С.А. Степанова, С.С. Сухова, А.А. Терлеева, А.В. Тимохина, Ю.А. Филипцова, А.Н. Фомина, Е.М. Хабарова, А.В. Хоменко, Ю.Я. Шабанова, А.С. Шатовой, С.Л. Шварцева, Г.Г. Шемина, Б.Н. Шурыгина и других ученых. Всех их автор благодарит за плодотворное сотрудничество и неоценимую помощь.

Спасибо коллегам по лаборатории И.А. Губину, Л.М. Калининной, А.Ю. Калининну, М.В. Соловьеву, М.С. Канакову, А.Г. Кузнецовой за многолетний совместный труд и помощь в подготовке материалов.

За первые в жизни (38-летней давности) уроки геологии в экспедициях по Присяяню благодарю стратиграфа и палеомагнитолога к.г.-м. н. С.С. Брагина, к сожалению, очень рано ушедшего от нас.

Всем геологам, с которыми посчастливилось на протяжении многих лет работать вместе в НИИ, производственных организациях, полевых экспедициях, на геологической съемке Таймыра, автор глубоко признателен и хранит самые теплые воспоминания.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В Главе 1 приведен анализ состояния проблемы, рассматривается история формирования и спектр представлений о геологии, тектонической природе и перспективах нефтегазоносности домезозойских комплексов на юго-востоке ЗСП. **Глава 2** посвящена характеристике использованного в работе фактического материала и основных методических приемов. В **Главе 3** приводятся результаты комплексного изучения литологического состава и стратиграфического расчленения разрезов скважин и обнажений, приведен и обоснован вариант стратиграфических схем и схем корреляции. **Глава 4** посвящена результатам комплексной интерпретации геолого-геологических данных и характеристике сейсмогеологической модели строения Предъенисейского бассейна, включающей серию сейсмогеологических разрезов, структурные карты на основные отражающие горизонты, геологическую карту доюрских комплексов. В **Главе 5** рассматриваются вопросы картирования блоков кристаллического фундамента бассейна и структурно-тектонического районирования его верхнедокембрийского-нижнепалеозойских чехольных осадочных образований. Отдельный раздел касается тектонической истории и

предложенной геодинамической модели формирования бассейна, анализу магматической активности и дислокаций. В заключительной Главе 6, целиком посвященной оценке перспектив нефтегазоносности бассейна и районированию его территории по степени перспективности, приведены результаты дифференцированного анализа основных критериев прогноза, даны рекомендации для дальнейшего изучения наиболее благоприятных зон.

Основные результаты и защищаемые научные положения

1. Установлено, что к западу от р. Енисей под мезозойско-кайнозойскими отложениями Западно-Сибирской плиты широко распространены умеренно дислоцированные мощные неопротерозойские и нижнепалеозойские отложения, которые образуют древний Предьенисейский осадочный бассейн. Основную часть осадочного выполнения составляют верхнеопротерозойско-кембрийские преимущественно карбонатные отложения. При этом, нижнекембрийские комплексы образуют закономерную по латерали формационную последовательность: развитые на западе бассейна соленосно-карбонатные толщи мощностью до 3 км, сменяются преимущественно карбонатными (рифогенными) в центральных районах, и терригенно-карбонатными (в верхней части углеродистыми) толщами на западе с редуцированной мощностью до 200-300 м. Для кембрийских отложений разработана региональная стратиграфическая схема, включающая корреляцию разрезов бассейна с одновозрастными аналогами на Сибирской платформе. Предложен авторский вариант уточнения действующей рабочей региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской плиты, утвержденной МСК РФ в 1999 г.

В отличие от большей части территории ЗСП, где на сейсмических разрезах ниже мезозойских осадочных комплексов наблюдается преимущественно хаотичная волновая картина, в Предьенисейском бассейне имеет место совершенно иная ситуация. Это связано с наличием в этом районе под мезозойским чехлом умеренно дислоцированных мощных осадочных комплексов. Наличие в домезозойской части разреза геологических границ, на которых формируются энергетически выраженные отраженные волны, позволяет корректно решить задачу сеймостратиграфического анализа по выделению и картированию сеймокомплексов. Для определения их объема и возраста были привлечены новые данные, полученные в скважинах, пробуренных в левобережной части Енисея (рис. 1). В первую очередь, это

параметрические скважины Восток-1, 3, 4, Лемок-1, Аверинская-150 и Вездеходная-4, вскрывшие наиболее полные домезозойские разрезы. Кроме того, использовались аналогии с одновозрастными разрезами западных районов СП. В процессе проведенных литостратиграфических исследований были составлены базы данных по абсолютным глубинам залегания геологических реперов. Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов, характеризующих верхнепротерозойско-кембрийские геологические поверхности, осуществлялась по результатам анализа данных ВСП, выполненного в параметрических скважинах.

Анализ сейсмических разрезов (рис. 2) и данных бурения позволил выделить в разрезе доюрского чехла Предъенисейского бассейна 6 основных регионально развитых осадочных комплексов, которые образуют два структурных этажа. Они перекрывают древний складчатый и метаморфизованный фундамент, выраженный на сейсмических разрезах одним сейсмофациальным комплексом, в который объединены зоны отсутствия выдержанных отражений, характеризующиеся хаотичной записью и ограниченные сверху первой регионально следящейся отражающей границей (F).

Нижний этаж. Верхнепротерозойско-нижневендский комплекс, контролируемый на временных разрезах отражающими горизонтами V_1 в кровле и F в подошве, на большей части бассейна представлен в полном объеме и имеет мощность до 3 км. По-видимому, он аналогичен верхнепротерозойским комплексам отложений, развитым на Енисейском кряже, и где они представлены терригенно-карбонатными отложениями чапской и тасеевской серий, а в нижней части, возможно, и воровской, чингасанской и ослянской серий.

Верхневендский комплекс пород, контролируемый на временных разрезах горизонтами KV в кровле и V_1 в подошве, распространен в бассейне также широко, как и подстилающий его комплекс, отсутствуя только в пределах локальных выступов на западе территории. Мощность верхневендских отложений превышает 1 км, несколько сокращаясь на поднятиях. В восточной части комплекс вскрыт скважиной Аверинская-150 в интервале 4430 – 4770 м и представлен сульфатно-карбонатными породами, датруемыми немакит-далдынским ярусом позднего венда. В западной части комплекс вскрыт и охарактеризован палеонтологическими находками в скв. Восток-3 и представлен существенно карбонатными (на некоторых уровнях - биогермными) отложениями пойгинской, котоджинской и райгинской свит общей (неполной) мощностью около 1100 м. Судя по неоднородности волновой картины на сейсмических разрезах, вещественный состав комплекса меняется по латерали.

Нижне-верхнекембрийский существенно карбонатный и соленосно-

карбонатный комплекс, контролируемый на временных разрезах горизонтами KV в подошве и K₂ в кровле, наиболее полно вскрыт скважинами Лемок-1, Аверинская-150, Восток-1, 3, 4. Область распространения комплекса, получившего наиболее широкое развитие в восточных районах бассейна, на западе сужается. На положительных структурах (Райгинско-Ажарминская гряда, Пурчесско-Кетский мегавал) они частично или полностью денудированы. Мощность комплекса, в среднем, составляет 2 км, достигая в пределах осевых частей крупных депрессий 3 км. В восточных районах внутри комплекса выделяется серия ярко выраженных отражающих горизонтов (K₆, K₅, K₄, K₃), приуроченных соответственно к кровле наиболее соленосной части кембрийского разреза – усольской свите, кровлям тыйской и аверинской карбонатно-ангидритовым толщам (стратиграфические аналоги бельской и булайской свит байкитской зоны Сибирской платформы) и кровле кольчумской карбонатной свиты (стратиграфический аналог литвинцевской и ангарской свит на платформе). В западном направлении мощность усольской свиты, ограниченной на временных разрезах горизонтами K₆ и KV, сначала уменьшается, а затем горизонты сливаются и формируют единый сейсмический репер. В этом же направлении уменьшается толщина всего нижнекембрийского комплекса (на западе он вскрыт скв. Восток-3 и Восток-1, где представлен чурбигинской свитой мощностью около 200 м).

Выше по разрезу, между отражающим горизонтом K₂ и группой отражений выше K₁ выделяется средне - верхнекембрийский существенно терригенный комплекс. При средней мощности около 2 км, которая достаточно хорошо выдерживается на всей площади, комплекс на большей части территории залегает непосредственно под юрскими осадками на глубинах от 1 (на востоке) до 3-3,5 (на западе) км. Во вскрытых скважинами разрезах комплекс представлен пестроцветными терригенными и глинисто-карбонатными разностями эвенкийской свиты, а в скважине Восток-1, ввиду значительной мощности и литологического своеобразия разреза, комплекс выделен в составе пуджелгинской, поделгинской, кондесской, шеделгинской и пыжинской свит.

Не повсеместно в верхней части комплекса прослеживается прерывистый, слабый или средний по интенсивности проявления, горизонт K₁. Он знаменует появление в верхней части доюрского разреза близких к нему серии параллельных, прерывистых фаз, которые можно отнести к следующему, ордовикско-силурийскому комплексу. Вскрыт и палеонтологически охарактеризован он только в северной части бассейна, где скв. Лекоская-27 под пермскими осадками пересечен 560-метровый фрагмент позднеордовикских глинисто-карбонатных отложений, а также скв. С-Лымбельская-1 (лымбельская толща, силур, мощность 150 м).

Верхний этаж представлен одним пермско-триасовым комплексом, развитым лишь в северных районах бассейна, где скважинами на Лекосской и Тыньярской площадях вскрыты осадочные и вулканогенные отложения перми и триаса, несогласно перекрывающие более древние горизонты кембрия и ордовика-силура. Мощность комплекса может достигать 1 км и более.

Границы бассейна картируются по резкой смене волновой картины на сейсмических разрезах, а именно - прекращению прослеживания отражающих границ в доюрском этаже. На западе они примерно совпадают с Белоярской разломной зоной, простирающейся с Кузнецко-Алатауской вулканической зоны в верховьях р. Кия на северо-северо-запад через п. Асино, п. Белый Яр в направлении п. Корлики. На юге осадочные комплексы бассейна граничат со структурами Алтае-Саянской складчатой области, на востоке - со структурами Енисейского тектонического пояса и, в частности, с Енисейским кряжем, где на эрозионную поверхность выходит покровно-складчатая система верхнерифейского (байкальского) возраста.

По материалам бурения параметрических скважин (Лемок - 1, Аверинская - 150, Тыйская - 1, Восток - 1, Восток - 3, Восток - 4 и др.) составлена схема стратиграфического расчленения и корреляции верхневендских и кембрийских отложений, выделены две структурно-фациальные зоны (СФЗ): Касская, где осадочные комплексы накапливались в условиях солеродного суббассейна, и Кетская с седиментацией открытого морского бассейна. Граница между СФЗ проходит по реконструируемой зоне барьерного рифа, вытянутого в субмеридианальном направлении. В диссертации описаны местные стратиграфические подразделения (свиты), проведено их сопоставление со смежными регионами Сибирской платформы и Енисейского кряжа.

Проведенный сейсмостратиграфический анализ новых материалов профилирования ОГТ оказался чрезвычайно полезным для уточнения датировок вскрытых ранее толщ, которые в силу бедности и неоднозначности палеонтологического материала датировались условно. В комплексе с новыми данными параметрического бурения он позволил пересмотреть существующие оценки возраста (преимущественно девонского) ряда доюрских осадочных комплексов (в частности, «касской» толщи) и предложить иной вариант схемы их стратиграфического расчленения и корреляции. В отличие от более ранних построений, наличие палеозойских отложений моложе кембрия (до перми) в пределах большей части бассейна новыми данными не подтверждаются. На значительной части территории бассейна отложения моложе кембрия денудированы.

2. Результаты интерпретации сейсмических данных, выполненные структурные и структурно-тектонические построения свидетельствуют о согласном залегании и едином структурном плане всех осадочных толщ от венда до нижнего палеозоя включительно. Основные дислокации, дизъюнктивные нарушения и интрузивные тела (за исключением пермско-триасовых) приурочены к бортовым частям бассейна. В центральной части в целом спокойное залегание осадочных отложений осложнено рядом антиклинальных (линейно вытянутых в северо-западном направлении) структур, связанных с соляным тектогенезом. По результатам картирования выявлено, что на предъюрскую поверхность в пределах территории бассейна выходят преимущественно кембрийские толщи, в западной части на контрастных поднятиях – вендские. В наиболее погруженных зонах возможно наличие ордовикских и силурийских отложений.

Сейсмостратиграфический анализ и корреляция отражающих горизонтов позволили выполнить соответствующие структурные построения по стандартной технологии. Для создания карт изохрон данные о временах наблюдений отражающих горизонтов (T_0) вдоль линий сейсмических профилей импортировались в пакеты GridBilder и GS Surfer, где с использованием процедуры Kriging с радиусом 50 км осуществлялся расчет сеточных моделей изохрон с шагом 250×250 метров. Структурная карта по подошве юры рассчитывалась перемножением сеточных моделей изохрон и средних скоростей до отражающего горизонта F_m . Для расчета структурных карт по доюрским отражающим горизонтам были использованы интервальные скорости ($V_{\text{инт}}$), которые определялись по данным ВСП для каждого сейсмокомплекса. Далее строились карты интервальных времен по каждому сейсмокомплексу ($\Delta t F_m-K_2$; $\Delta t K_2-KV$; $\Delta t KV-F$). Перемножением значений интервальных времен и интервальных скоростей были рассчитаны карты изопахит соответствующих сейсмокомплексов. Последовательно суммируя значения на сеточных картах изопахит и значения на карте структурной поверхности подошвы юры (F_m), были получены структурные карты по кровле верхнекембрийских, нижнекембрийских и средне- верхнекембрийских осадочных комплексов, а также по подошве верхнепротерозойско-палеозойских отложений.

Анализ структурной поверхности подошвы осадочного чехла (горизонт F), гравиметрических и гравимагнитных карт, в комплексе с сейсмическими данными, позволили закартировать основные элементы фундамента бассейна – архейско-протерозойские кристаллические блоки, находящиеся по сейсмическим данным на различных гипсометрических уровнях. Показано, что над ограничивающими их разломами

сформированы протяженные валлообразные структуры, выраженные в большей части осадочного верхнеопротерозойско-палеозойского чехла. Приподнятые блоки разделены впадинами и прогибами различных порядков, осложненными, в свою очередь, выступами и валами. При этом отчетливо выражена северо-западная ориентировка макроблоков, а субвертикальные разломы, ограничивающие эти блоки, носят преимущественно сбросо-взбросовый характер. Согласно сейсмическим данным, средние амплитуды перемещений по ним оцениваются в 0,5-1,2 км. В диссертационной работе представлена тектоническая схема доверхнеопротерозойского фундамента Предъенисейского бассейна, дающая общее представление о его основных тектонических элементах.

Для классификации и характеристики основных элементов структурного плана верхнеопротерозойско-нижнепалеозойского осадочного комплекса была построена карта структурно-тектонического районирования по его подошве. Классификация проводилась на базе предложенных В.Д. Наливкиным (1962) принципов и классификационной таблицы, уточненной и детализированной в ИНГГ СО РАН.

Задача трассирования и ранжирования разрывных нарушений решалась комплексно, на основе: а) линеamentного анализа полных нормированных градиентов гравитационного и магнитного полей, их разночастотных трансформант; б) анализа структурных поверхностей; в) анализа волновой картины на сейсмических профилях. Были построены соответствующие схемы, согласно которым преобладающим направлением выделенных разломов оказалось северо-западное, редко переходящее в субмеридиональное и еще реже - близкое к субширотному. Интенсивность проявления дизъюнктивной тектоники возрастает на флангах бассейна, прилегающих к Енисейскому тектоническому поясу на востоке и к Томь-Кольванской складчатой области на юго-западе.

Выраженный слоистый характер волнового поля на сейсмических разрезах в ряде случаев нарушается зонами с хаотичным рисунком, связанным с зонами дезинтеграции, дислокаций и внедрением интрузий. При комплексировании с данными бурения и анализом аномальных гравимагнитных полей это дало возможность картирования магматических очагов в доюрской части разреза. Результаты проведенного комплексного анализа геологических данных и интерпретации геофизических материалов суммированы в работе на схеме распространения доюрских интрузивных комплексов. Сделан вывод, что: 1) в основном, очаги представлены интрузивными и эффузивными телами основного-ультраосновного состава или кислыми разностями (гранитами и их производными); 2) они тяготеют, главным образом, к западной периферии бассейна, а пермско-триасовые - к северной и западной, частично

проявляясь в центральных районах.

Структурные карты поверхностей осадочных комплексов, закартированные магматические очаги и разломы послужили основой для построения геологической карты доюрских отложений (рис. 3). Основную часть бассейна на ней занимают поля выходов на предъюрскую поверхность кембрийских отложений. В наиболее погруженных частях (Касско-Сымский прогиб и южная оконечность Елогуй-Туруханского прогиба) картируются нерасчлененные отложения ордовикско-силурийского возраста, а в приподнятых зонах (в основном это западные районы территории Райгинско-Ажарминского вала и локальные поднятия в центральной части) на предъюрскую поверхность выходят докембрийские отложения.

Верхнеопротерозойско-нижнепалеозойские отложения в региональном масштабе имеют единый структурный план, характеризующийся субгоризонтальным моноклинальным залеганием толщ и небольшим градиентом их мощностей. Исключение составляют ниже- среднекембрийские комплексы, для которых ярко выражена региональная редукция мощности от осевой части бассейна к западному флангу. При этом верхнедокембрийские толщи на границах ослабленных зон испытывают в разной степени деструкцию (малоамплитудные взбросы или сбросы) или пликвативные дислокации (складки с амплитудой, не превышающей 1,5 км) без явных изменений мощности слоев, а нижнекембрийские (соленосные в восточной части) толщи наоборот, практически не испытывают дизъюнктивных дислокаций, образуя лишь высокоамплитудные структуры (иногда до 3 км), которые в плане имеют форму узких и вытянутых валов. В ядрах этих складок заметно «раздутие» соляных пластов (иногда в 3-4 раза по мощности).

В восточных, прилегающих к Енисейскому кряжу районах бассейна, блоки фундамента по разломам взбросового характера испытывают ступенчатый подъем, что выражается в резком воздымании докембрийских и кембрийских толщ и выходу их непосредственно в подошву мезозойского чехла, а также на дневную поверхность в правобережье р. Енисей, уже в пределах Енисейского кряжа.

3. С геодинамических позиций верхнеопротерозойско-палеозойский осадочный комплекс представляет собой чехольные образования, частично перекрывающие байкальские сооружения западной окраины Сибирской платформы и примыкающего к ним Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива). С эдиакария, времени окончания аккреции и консолидации микроконтинента с краевыми частями Сибирской платформы, приречившийся жесткий блок развивается уже как единая с ней

структура. Сравнительный анализ волновой картины на сейсмических разрезах Предъенисейского бассейна и Сибирской платформы указывает на полную идентичность последовательностей сейсмических горизонтов, отвечающих вендским и кембрийским осадочным комплексам, а, следовательно, и на единство седиментационных циклов в этом временном интервале. В раннем кембрии западные районы бассейна принадлежали к активной континентальной окраине и располагались в пределах полуоткрытой задуговой котловины (backarc basin), которая на востоке в тыльной части переходила в эпиплатформенный суббассейн.

Анализ новых геолого-геофизических данных, позволяет предложить модель, которая удовлетворительно объясняет имеющиеся на сегодня разрозненные факты. Так, выполненные автором палеогеодинамические реконструкции приводят к следующим выводам.

Используя офиолиты в качестве индикатора палеогеодинамических обстановок, характеризующих фрагменты древней океанической коры, датировки их образования и метаморфизма, полученные методами абсолютной геохронологии, а также палеомагнитные данные (материалы коллектива В.А. Верниковского и др.), в позднем мезопротерозое западнее (в современных координатах) Енисейского кряжа можно предположить заложение океанического бассейна, связанного, по-видимому, с происходившими в это время геологическими событиями планетарного масштаба - эволюцией суперконтинента Родинии.

В начале неопротерозоя в результате процессов разрыва континентальной коры суперконтинента и отделения его фрагментов в промежуточной зоне между Сибирским палеоконтинентом и Лаврентией формировались типичные океаническая кора и системы островных дуг, а также террейнов (микроконтинентов). Траектория фундамента Предъенисейского бассейна в качестве подобного микроконтинента подтверждается и данными двухмерной сейсмотомографии [Сурков и др., 1996]. Кроме того, недавнее изучение специалистами ИГТ УрО РАН [К.С. Иванов и др., 2012] вулcano - плутонического комплекса, вскрытого скважинами на Тыньярской площади (восток ХМАО), показало весьма вероятное наличие там палеопротерозойского (около 2 млрд. лет) сиалического фундамента, который по мнению авторов представляет собой «край Сибирской платформы, утоненный при позднепротерозойско-раннепалеозойском рифтогенезе и растяжении».

В это время пассивные окраины разделенных океаническим пространством континентальных блоков, где формировались мощные клинья глубоководных и мелководных карбонатно-терригенно-вулканогенных осадков турбидитового типа (в частности, сухопитская

серия и ее аналоги) начинают трансформироваться в активные. После байкальских (возможно коллизионных) событий в середине неопротерозоя (на рубеже около 850-750 млн. л.), когда произошли глобальная перестройка и связанные с ней деформации, активизация магматической деятельности и метаморфизм, сооружения Енисейского кряжа превратились в покровно-складчатые.

После последовавшей в предвендское время (700-630 млн.л) обдукции Касско-Туруханского микроконтинента океанические и островодужные комплексы были надвинуты на западную окраину складчатого обрамления континента (Исаковский и Предивинский террейны на западе Енисейского кряжа), дислоцированы и метаморфизованы. Окраинные неопротерозойские комплексы СП и прилегающего микроконтинента были сближены в пространстве, а на месте закрывшегося окраинного моря сформировалась субвертикальная шовная зона, которая надежно подтверждается геофизическими данными. С этого возрастного рубежа причленившийся жесткий блок развивается уже как единая с СП структура, ограничиваясь на западе Палеоазиатским океаном. На консолидированном основании начинают формироваться терригенно-карбонатные (местами эвапоритовые) осадочные комплексы, перекрывающие Касско-Туруханский микроконтинент и частично складчатые комплексы Енисейского кряжа - Предъенисейский бассейн.

Выявленное отчетливое сходство литофаций и вертикальной последовательности вендских и кембрийских чехольных образований Предъенисейского бассейна с одновозрастными отложениями на юго-западе СП не ограничивается только данными бурения. Сравнительный анализ волновой картины, характерной для этих комплексов на сейсмических разрезах центральной части бассейна и юго-западных районов СП, указывает на их идентичное строение. В ряде случаев это сходство распространяется на весь вертикальный разрез от венда до кембрия включительно - вплоть до совпадения отдельных отражающих горизонтов. Это свидетельствует о том, что, по крайней мере, с венда и в течение всего кембрия осадочные комплексы восточных частей Предъенисейского бассейна формировались синхронно с аналогичными комплексами юго-западных районов СП, под влиянием одних и тех же тектонических импульсов и трансгрессивно-регрессивной цикличности.

К западу от образовавшейся коллизионной системы в это время преобладали глубоководные океанические обстановки осадконакопления, соответствующие активным частям задуговых бассейнов. Остатки подобных образований вскрыты бурением, в частности, на вездеходной площади, а также, вероятно, на чачанской, ярской, карбинской, няргинской, западной, корбыльской площадях. Еще южнее подобные венд-

кембрийские и ордовикские комплексы распространены в пределах Кузнецко-Алатауской вулканической зоны, которая является одной из ветвей глобальной Центрально-Азиатской вулканической области. Вероятнее всего, в раннем кембрии на этих территориях, окаймляющих с запада пассивные шельфовые окраины Сибирского кратона (Предъенисейский бассейн на севере и «Енисейский шельф» (по В.В. Волкову), как вероятное его продолжение, на юге) была развита единая система вулканических дуг и задуговых бассейнов с формированием глубоководных вулканогенно-терригенных осадочных комплексов и развитием мощного, контрастного вулканизма. Следы периодической и разнообразной по составу вулканической деятельности прослеживаются в районе скважин Восток-1, 3 и 4, где в карбонатных толщах на разных стратиграфических уровнях кембрия встречаются продукты золотого разносо вулканического пепла.

В позднекаледонское время тектоническая активность прилегающих с запада и юга Томь-Кольванской и Алтае-Саянской складчатых зон, сказала на частичной структурной перестройке плитного комплекса в бассейне и привела к деформациям подсоловых комплексов. Это, в свою очередь, повлекло проявление соляного тектогенеза в нижнекембрийской части разреза, выразившееся в образовании узких вытянутых валообразных поднятий северо-западной ориентировки, хорошо фиксируемых на сейсмических разрезах. Кроме того, эти процессы, вероятно, привели к вторичным преобразованиям более ранних (кембрийских) вулканитов и, как следствие, омоложению их абсолютных датировок.

На рубеже позднего карбона - раннего триаса начались процессы, связанные с закрытием Палеоазиатского океана (герцинский диастрофизм). Енисейский кряж развивался, в связи с этим, как горст-антиклинорий - по субвертикальным (локально – наклонным, до надвигов) зонам разломов он воздымается в условиях сжатия. Процессы эрозии частично уничтожили здесь палеозойские и вендские образования, а также верхнюю часть разреза рифейских деформированных отложений и офиолитовых аллохтонов. На рубеже раннего триаса, в результате растягивающих напряжений в Предъенисейской зоне, как и всей Западной Сибири, закладывается система «грабен-рифтов» (по В.С. Суркову), наследующая ослабленные байкальские сутурные зоны. В течение мезозоя и кайнозоя Енисейский кряж и прилегающие части Сибирской платформы продолжали развиваться в режиме воздымания, а западная часть (ЗСП) - в режиме погружения. На этой погруженной территории и западнее, на складчатых сооружениях, возникших на месте замкнувшегося Палеоазиатского океана, сформировался мезозойско-кайнозойский

чехольный (плитный) комплекс.

4. Выполненные палеогеографические реконструкции во временном диапазоне от позднего венда до позднего кембрия включительно указывают на длительное существование на территории Предъенисейского бассейна трёх основных фациальных областей. Ведущая роль среди них принадлежит области развития барьерных рифов, протягивающихся в виде полосы северо-западного простирания шириной от 40 до 150 км, и являющихся западным фрагментом единого раннекембрийского рифогенного пояса Сибирской платформы. К востоку от рифовой барьерной гряды в позднем венде возник Предъенисейский солеродный суббассейн, являвшийся крупным заливом Восточно-Сибирского солеродного бассейна. В западных районах бассейна осадки формировались в зоне открытого шельфа, при этом верхняя часть нижнего кембрия - низы среднего кембрия представлены высокоуглеродистыми кремнисто-глинисто-известковыми отложениями пайдугинской свиты – аналогом куонамского комплекса на Сибирской платформе.

Полученные данные позволяют наметить границы распространения (в разрезе и в плане) основных литофациальных комплексов, связанных с палеогеографической зональностью. Результаты районирования представлены на некоторых ключевых разрезах и палеогеографических схемах поздневендско-кембрийских уровней (рис. 4 и 5).

Рассматриваемая территория в поздневендское время являлась краевой частью огромного Восточно-Сибирского солеродного бассейна. Ключевым элементом служила протяжённая рифовая система, картируемая в плане в виде полосы северо-северо-западного простирания шириной в десятки километров. Она представляется собой цепь образований барьерных рифов, разделяющих относительно замкнутую эвапоритовую зону на востоке и зону открытого моря на западе, где фиксируется область развития терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений активной части задугового бассейна. К востоку от барьерного рифа зона обломочных шлейфов рифовой системы сменяется эвапоритовыми отложениями доломит-ангидритового состава.

В раннекембрийское (усольское) время унаследованная рифовая система слегка продвинулась к западу, при этом площадь терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений по сравнению с поздним вендом несколько сократилась, а солеродная часть бассейна выросла. Барьерный риф, следуя на север в направлении современного течения Енисея, вероятно, соединялся с рифовой системой Игарско-Норильской фациальной области. В пределах самой барьерной рифовой системы в раннекембрийское время происходило формирование широкой (до 100 км)

полосы отложений передового шлейфа на открытой стороне шельфа. В скважине Восток-4, заложенной на границе солеродного бассейна и рифовой системы, разновозрастные усольским отложения представлены относительно мелководными обломочными осадками тыловых карбонатных шлейфов, а эвапоритовые разности представлены только сульфатно-карбонатными осадками, развитыми по периферии солеродного залива. Непосредственно в Предьенисейском солеродном суббассейне, как и в прилегающей части Восточно-Сибирского солеродного бассейна, в усольское время происходило преимущественное отложение галита. Комплексный анализ гравитационного поля (горизонтальный градиент) и сейсмических данных (выклинивание соледержащих слоев, хорошо фиксируемое на волновой картине) позволил получить согласованную западную границу распространения солей.

К западу от рифовой системы характер отложений резко меняется – он становится более глубоководным и маломощным (уменьшение более чем в десять раз, чурбигинская свита). Примерно в это время в активной части задугового бассейна, формируются мощные толщи вулканогенно-осадочных пород - базальтоидов и дистальных турбидитов.

В позднетойонский-раннеамгинский век (пайдугинское время) в предрифовой зоне началось формирование карбонатно-глинистых углеродсодержащих отложений, характерных для куонамского комплекса СП. Площадь развития барьерной рифовой системы, видимо, значительно сократилась и превратилась в цепочку обособленных водорослевых рифов, между которыми существовали широкие проходы, обеспечивающие более свободное поступление морских вод нормальной солёности в восточном направлении. Высокий уровень морских вод и направленность течений на восток способствовали накоплению углеродсодержащих планктоногенных кремнисто-глинисто-карбонатных осадков, являющихся аналогами отложений куонамского типа на СП. Наиболее высокие содержания углеродистого и кремнистого вещества характерны для предрифовой части бассейна (разрезы скважин Восток-1 и 3). В восточной части бассейна в это время происходит преобладающее отложение пород смешанного ангидрит-доломит-глинистого состава.

Начиная с позднеамгинского времени начинается мощное заполнение осадками предрифовой впадины, которое заканчивается в позднем кембрие, в позднеэвенкийское время. Рифовая гряда на этом месте перестает существовать, вероятно, мигрируя далее на запад и поставляя карбонатный материал, а некомпенсированная в пайдугинское время впадина полностью заполняется осадками.

5. Имеющиеся геолого-геофизические материалы не позволяют однозначно оценить перспективы нефтегазоносности этого региона.

Наличие в разрезе мощной толщи осадочных отложений платформенного типа, нефтидопроизводящих пород, региональных резервуаров (осадочных толщ с хорошими коллекторскими свойствами и перекрывающих их мощных флюидоупоров), потенциальных зон нефтегазонакопления, благоприятные гидрогеологические условия, прямые признаки нефтегазонасности и следы масштабных процессов генерации и миграции углеводородов свидетельствуют о высоких перспективах нефтегазонасности Предьенисейского бассейна.

В то же время, геохимические данные и результаты моделирования динамики генерации углеводородов свидетельствуют о высокой степени катагенетической преобразованности органического вещества и реализации генерационного ресурса докембрийских и кембрийских нефтематеринских толщ. К неблагоприятным факторам относятся значительные масштабы денудации, имевшие место в герцинское время, древний возраст формирования потенциальных залежей и, как следствие, риски, связанные с их сохранностью в течение длительного периода.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что на юго-востоке ЗСП под мезозойскими отложениями получил развитие мощный неопротерозойско-палеозойский осадочный бассейн. Площадь наиболее изученной его южной части составляет около 190 тыс.км², а объем осадочного выполнения - около 1 млн.км³. Мировой опыт показывает, что такие крупные объекты обычно располагают значительными ресурсами углеводородов, и только недостаточная изученность не позволяет оценить их реальный нефтегазовый потенциал.

К *нефтематеринским отложениям* (помимо подстилающих и неизученных потенциально нефтегазонасных неопротерозойских комплексов) может быть отнесена углеродсодержащая пайдугинская свита (аналог карбонатно-сланцевой куонамской формации на СП), формирование которой проходило к западу от барьерной рифовой системы. Пайдугинскую свиту, как потенциально нефтематеринский комплекс ($C_{орг}$ от 0,7 до 2,2 % на породу), следует объединять с подстилающей и близкой ей по генезису нижнекембрийской углеродсодержащей чурбигинской свитой.

О существовании докембрийских потенциально нефтематеринских отложений косвенно свидетельствуют данные биомаркерных и изотопных исследований нефтидов, но эти толщи еще не изучены.

Что касается распространения *перспективных коллекторов* в разрезе, природа которых связана с седиментационными и палеогеографическими закономерностями, очевидно, что наиболее важная

роль должна принадлежать области развития барьерной рифовой системе. По предварительным оценкам ширина полосы барьерного рифа могла варьировать во времени от наиболее широкой (до 150 км) в поздневендское время до 70 км в усольское время и до 50 км в ранне-среднекембрийское (пайдугинское) время. Мощность отложений рифовой системы с развитием биогермных построек, по-видимому, сравнима с мощностью порождённых рифовой грядой, шлейфовых отложений, вскрытых скважинами Восток-1 и Восток-4. Прогнозная характеристика коллекторских горизонтов, относящихся к рифовой системе, базируется на данных из конкретных разрезов скважин Восток-1, 3 и 4. Перспективы обнаружения хороших коллекторов в одновозрастных отложениях двух других областей, разделённых рифовой системой, значительно ниже. К потенциальным коллекторам в составе рифовой системы нужно отнести горизонты развития карста, синхронного формирования рифа, которые фиксируются, в частности, в аверинской свите в пределах тылового склона рифа (разрез скв. Восток-4) и в зарифовом суббассейне (скв. Аверинская-150 и Тыйская-1). На этом уровне возможно существование выдержанного на большой площади горизонта карстовых брекчий и связанных с ними участков с первичной порово-каверновой и полостной пустотностью.

Бассейновые, в том числе и флишоидные отложения, которые, формировались в предрифовом суббассейне на ранней стадии некомпенсированного прогибания в райгинское, чурбигинское, пайдугинское время, в целом, могут быть отнесены к региональным флюидоупорам для ниже залегающих потенциальных коллекторов. Кроме этого, быстрое заполнение некомпенсированного прогиба сформировало мощную (более 1600 м) толщу заполнения (пуджелгинская, поделгинская, кондесская, шеделгинская свиты), при этом происходило изменение характера осадконакопления от флишоидного с преобладанием карбонатных, терригенно-карбонатных турбидитов в нижней части толщи к мелководному с появлением оолитовых слоёв в верхней её части. Поэтому, если нижнюю часть толщи заполнения можно рассматривать как невысокого качества флюидоупор, то верхнюю треть (верхняя часть кондесской и шеделгинская свита) – в качестве коллекторов.

В позднеэвенкийское (пыжинское) время на большом пространстве Предъенисейского бассейна формируются мелководные слоистые сульфатно-глинисто-карбонатные отложения, являющиеся региональным флюидоупором для всех залегающих ниже коллекторов, связанных с погребенной рифовой системой.

Эвапоритовые отложения, представленные каменной солью, ангидритами, пелитоморфными доломитами, сформировавшиеся в центральной части Предъенисейского солеродного суббассейна могут

играть роль непроницаемого барьера для углеводородных флюидов из подстилающих докембрийских потенциальных источников.

Кроме седиментационной природы коллекторов, в карбонатных комплексах бассейна широко распространены вторичные трещиноватые и совмещённые с ними пористо-каверновые зоны, приуроченные к участкам дробления и другим проявлениям тектонических процессов. В этой связи важным направлением поисков хороших коллекторов (помимо связанных с условиями первичной седиментации и палеогеографической зональностью) должен явиться поиск зон разуплотнения, вторичной трещиноватости и кавернозности.

В кембрийском разрезе скважины Восток-4 по результатам исследований керна и интерпретации ГИС выделены 4 потенциальных резервуара (проницаемых комплексов (коллекторов), перекрытых мощными флюидоупорами) - нижнеоксымский, тыйский, верхнекольчумский и елогуйский (рис. 6). Карбонатный коллектор, в основном, смешанного порово-кавернозно-трещиноватого типа. Доломиты нижнеоксымского резервуара по значениям пористости и проницаемости соответствуют коллекторам с высокой (группа А, класс I) и средней (группа Б, класс III и IV) емкостью по классификации К.И. Багринцевой. В верхневендском разрезе скв. Восток-3 по данным изучения керна и ГИС выделяется мощный с многочисленными потенциальными пластами пойгинский коллектор, выше него – котоджинский, еще выше по разрезу - 3 менее выраженных райгинских коллектора. По значениям пористости и проницаемости они соответствуют коллекторам со средней (группа Б, класс V) и низкой (группа В, класс VI) емкостью.

С учетом распространения (в разрезе и плане) проницаемых комплексов, флюидоупоров, их литологии и генезиса, территория бассейна была качественно дифференцирована по степени перспективности резервуаров. С этой целью выделенные резервуары были подразделены на соответствующие классы. Проницаемые комплексы по генезису были условно разделены на биогермы, обломочные органогенные карбонаты (предрифовые и зарифовые шлейфы) и бассейновые (дистальные) карбонаты. Флюидоупоры были также условно разделены на эвапаритовые (каменная соль, ангидрит) и глинисто-карбонатные. В соответствии с таким разделением были выделены зоны распространения 6 типов резервуаров для 4 основных потенциально нефтегазоносных комплексов. С учетом полученного распределения отдельных проницаемых комплексов по этим литолого-генетическим показателям, анализа мощностей комплексов, а также выполненных структурных построений, на различные стратиграфические уровни были выделены различные по

перспективности зоны нефтегазоаккумуляции.

Тектонический фактор. Анализ тектонических дислокаций и времени проявления магматических процессов позволяет предполагать, как минимум, два значимых периода структурных перестроек осадочных комплексов бассейна, а именно – позднекаледонский и позднегерцинский (пфальцская фаза) тектонические циклы. В первом случае были затронуты окраинные (западные и южные) части бассейна, как результат воздействия движений в соседних районах Алтае-Саянской складчатой области, а внутренние части испытали незначительные пликвативные дислокации, включая проявления начальных стадий соляного диапиризма. Деструктивное влияние каледонских складчатых процессов могло привести к частичному уничтожению сформированных залежей углеводородов (УВ) в западных районах бассейна и способствовать миграции значительной части произведенных в этих районах УВ.

В течении второго этапа масштаб преобразований, вертикальных движений и эрозии верхних горизонтов был значительно выше. Общее воздымание территории в этот период должно было, во-первых, вывести потенциальные нефтематеринские комплексы из области ГЗН или, по крайней мере, значительно ослабить нефтеобразующие процессы. Во-вторых, в этот период верхние части палеозойского разреза (на большей части территории все осадочные комплексы моложе кембрия, а в районе Райгинско-Ажарминского вала включая весь кембрий) были эродированы. Кроме того, в конце этой фазы орогенеза были сформированы основные пликвативные структуры верхнекембрийско - нижнепалеозойского комплекса с проявлением в восточных районах элементов соляной тектоники. С этим периодом может быть связана значительная потеря или передислокация (миграция) накопленных ранее УВ, связанная в том числе и с развитием дизъюнктивных нарушений и формированием новых антиклинальных ловушек.

Для проверки этих предположений и анализа динамики процессов нефтидогенеза, были выполнены палеорекострукции осадконакопления и погружений, термальной истории и реализации нефтегазогенерационного потенциала нефтематеринских пород с использованием широко известных методик моделирования этих процессов. Впервые для Предъенисейского бассейна было проведено одномерное моделирование по нескольким разрезам скважин с использованием программного комплекса TEMIS (Weicip-Franlab Company) (рис. 7). Из полученного графика следует, что в западной части бассейна (скв. Восток-3) процесс генерации нефти мог продолжаться с венда (для рифейских нефтематеринских толщ) до девона (для среднекембрийских) на глубинах около 4 км. В восточных частях для эвенкийского уровня он мог продолжаться до перми. В процессе

дальнейших вертикальных движений и катагенетических преобразований органическое вещество (ОВ) кембрийских и верхневендских толщ на западе бассейна оказалось в промежуточной зоне нефтегазообразования (конденсат и жирный газ), а нижневендские и рифейские - в глубинной зоне образования сухого газа (рифейские уже с кембрия-ордовика). В восточной части все докембрийские отложения находились в глубинной зоне генерации сухого газа начиная с силура и по триас, а в зоне смешанного нефтегазообразования остались только кембрийские комплексы.

Геохимические данные. Первые нефтепроявления в кембрийских толщах Предьенисейского осадочного бассейна были выявлены в скважине Лемок-1, пробуренной в 1997 г. В этой скважине в пластах доломитов в интервале глубин 2100-3200 м в керне были обнаружены нафтиды (класса мальт и асфальтов), заполняющие поры, каверны и трещины. Кроме того, признаки нафтидонасыщения (запах нефти) были отмечены в тонких прослоях обломочных доломитов среди солей усольской свиты. По данным А.Э. Конторовича и Е.А. Костыревой (ИНГГ СО РАН) в интервалах среднекембрийского разреза содержание мальт иногда достигает 0,4-1,0% на породу. В пробуренных скважинах Восток-1 и 4 микроскопические нефтепроявления в керне зафиксированы на разных уровнях кембрийского разреза. Этими же авторами обоснован вторичный (аллохтонный) характер нафтидов. При испытании в параметрической скважине Восточно-Пайдугинская-1, пробуренной у юго-западной границы Предьенисейского бассейна из 3-х объектов были получены притоки вязкой парафинистой нефти. Поскольку все скважины находятся в совершенно разных районах, то можно утверждать, что на территории Предьенисейского бассейна процессы генерации и миграции протекали повсеместно.

В целом, данные А.Э. Конторовича и Е.А. Костыревой указывают на то, что: 1) вендский и кембрийский разрез (за исключением пайдугинской свиты) характеризуется низкими концентрациями органического углерода; 2) природа ОВ - аквагенная (простейшие организмы – планктон, бактерии); 3) биохимические источники ОВ были разные; 4) их возраст - древний (докембрий-кембрий); 5) ОВ свой генерационный потенциал исчерпало (данные пиролитических исследований); 6) несмотря на это, палеотермодинамические условия в бассейне к деструкции всех образовавшихся углеводородов не привели.

По результатам **гидрогеологических исследований** Д.А. Новикова и С.Л. Шварцева Предьенисейская зона ЗСП, в целом, характеризуется наличием благоприятных условий для генерации, аккумуляции и сохранения углеводородных залежей (преимущественно газовых) в

пределах верхнедокембрийско-палеозойского гидрогеологического этажа.

В гидродинамическом отношении бассейн характеризуется развитием в разрезе нормальных пластовых давлений с величиной коэффициента аномальности близкого к единице. В докембрийских и палеозойских отложениях бассейна развиты седиментационные воды с общей минерализацией от 54 до 280 г/дм³ и значением Сl/Vg отношения – от 133 до 281. Эти данные свидетельствуют в пользу отсутствия признаков внедрения инфильтрационных вод на большей части территории бассейна. В то же время степень метаморфизации вод невелика, что не исключает их частичного смешения с каким-либо иным (например, древнеинфильтрационным) типом вод.

По геотермическим градиентам разрез Предъенисейского бассейна занимает промежуточное положение между разрезом Байкитской антеклизы СП и палеозойскими комплексами ЗСП. При этом центральные части бассейна (скв. Восток-4) ближе по этому показателю к СП, нежели западные.

Другой важный вопрос - о *сохранности возможных залежей* в верхнеопротерозойских и кембрийских толщах Предъенисейского бассейна - на сегодняшний день неоднозначен. Прежде всего это касается степени катагенетической преобразованности. В работах А.Э. Конторовича, Е.А. Костыревой и А.Н. Фомина (ИНГГ СО РАН) указывается на преобладание значительных степеней преобразованности ОВ в вендских и кембрийских разрезах Предъенисейского бассейна – от МК₃¹ до АК₃. Данные говорят о том, что ОВ кембрия достигло нынешнего уровня катагенеза до начала мезозойского осадконакопления и погружалось на значительно большие глубины, чем современные. Такой катагенез должен был привести к исчерпанию ОВ (прошедшего главную фазу нефтеобразования и глубинную газообразования) своего генерационного потенциала, генерации значительного количества в начале жирного конденсатного газа, а при дальнейшем катагенезе – метана. В условиях высоких температур и давлений деструкции и крекингу должны были подвергнуться и нефти в залежах. Оба эти процесса, наверняка, имели место, неясным остается вопрос лишь о полноте разрушения нефтей.

Для получения более обоснованной и наглядной картины динамики процессов генерации УВ в Предъенисейском бассейне в работе были выполнены модельные расчеты для двух потенциально нефтематеринских толщ - рифейских (наличие которых пока не доказано) и пайдугинской (нижний-средний кембрий) в районе скв. Восток-3 (рис. 8). Поскольку имеющиеся на сегодня данные не позволяют корректно выполнить точные оценки объема генерированных УВ, в модель были заложены условные

(исходя из внешних аналогий) первичные параметры, и, соответственно, оценка масштабов генерации представлена только в условных единицах. Помимо основного, на графике фиксируется небольшой вторичный пик нефтегазообразования в меловый период и палеогене. Возможно, именно этот факт отвечает на вопрос о сосуществовании в изученных разрезах нефтидов различного генезиса и различной степени вторичной преобразованности - как доведенных до стадии антраксолитов, так и битумоидов, содержащих мигрантноспособные углеводороды. Согласно данной модели, первые являются продуктами метаморфизма ранее образованных и мигрировавших нефтидов, вторые - продукты поздних стадий катагенеза. В силу высокой преобразованности ОВ нефтематеринских пород и практически полной реализации своего потенциала во время основной (венд-палеозойской) фазы генерации, вряд ли стоит ожидать большие масштабы повторной генерации мелу и палеогене.

Можно сделать вывод и о типах потенциальных залежей в бассейне: во-первых, это могут быть остаточные залежи тяжелых смолистых нефтей, и во-вторых, конденсатного и сухого газа. Кроме того, древний возраст формирования залежей указывает на большие риски, связанные с сохранностью залежей на протяжении длительного времени. Значительные объемы генерированных в венде и раннем палеозое углеводородов подвергались не только значительному метаморфизму, но и масштабной деструкции, в частности, в триасовое время, когда амплитуды вертикальных движений достигали 4 км, а значительная часть палеозойского разреза была денудирована.

Сделан вывод, что для окончательных выводов о нефтегазоносном потенциале бассейна необходимо доизучение территории. С этой целью автором выделены наиболее перспективные объекты и предложены соответствующие рекомендации к проведению геолого-разведочных работ (рис. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предъенисейский осадочный бассейн до середины 80-х годов прошлого столетия оставался в ряду наименее изученных объектов доюрского этажа ЗСП. Диссертационная работа, по сути, является первым комплексным исследованием, где проанализирован и обобщен большой объем принципиально новых геолого-геофизических данных по этой территории, полученных за последние годы.

Установлено, что осадочный бассейн представлен умеренно дислоцированными разнофациальными верхнедокембрийско-

палеозойскими отложениями, частично перекрывающими складчатые сооружения у западной окраины СП и причленившийся к ним в преддиакарское время Касско-Туруханский микроконтинент. Трактовка фундамента Предьенисейского бассейна в качестве микроконтинента (жесткого массива) подтверждается геофизическими данными, а время коллизии установлено, исходя из датировок обдуцированных офиолитовых комплексов на западной периферии Енисейского кряжа и соответствующих палеогеодинамических реконструкций.

Для докембрийских и палеозойских осадочных комплексов бассейна автором совместно с коллегами разработаны новые и значительно уточнены существовавшие региональные стратиграфические схемы, проведена корреляция с осадочными толщами на смежных территориях.

Новые материалы сейсмопрофилирования ОГТ и данные глубокого бурения позволили построить детальную сейсмогеологическую модель бассейна, которая включает базовые разрезы, структурные карты и структурно-тектонические схемы, геологическую карту доюрских комплексов. Показано, что на предьюрскую поверхность в пределах территории бассейна выходят, преимущественно, кембрийские и вендские толщи. В наиболее погруженных зонах возможно наличие ордовикских и силурийских отложений.

Основные возрастные рубежи тектонической активизации и, соответственно, дислокаций осадочных комплексов и проявления очагов магматизма связываются с каледонским и герцинским циклами, а их локализация ограничена, преимущественно, краевыми частями бассейна.

Выполненные палеогеографические реконструкции указывают на длительное (венд-кембрий) существование на территории бассейна трёх основных фациальных областей: полосы барьерных рифов (по-видимому, западного фрагмента единого раннекембрийского рифогенного пояса СП), солеродного суббассейна к востоку от нее, являвшегося крупным заливом Восточно-Сибирского солеродного бассейна, и зоны открытого шельфа на западе, с развитием высокоуглеродистых потенциально нефтематеринских отложений – аналогов куонамского комплекса на СП.

Имеющиеся на сегодня геолого-геофизические материалы не позволяют однозначно оценить перспективы нефтегазоносности бассейна. С одной стороны, ряд выявленных факторов свидетельствует о высоких перспективах нефтегазоносности бассейна, с другой, наоборот – указывает на высокую степень катагенетической преобразованности ОБ и полную реализацию генерационного ресурса докембрийских и кембрийских нефтематеринских толщ. Наряду со значительными масштабами денудации, древним возрастом формирования потенциальных залежей и, как следствие, рисками, связанными с их сохранностью в течение

длительного периода, это существенно снижает оптимизм прогнозов.

В этой связи, по мнению автора, остается ряд задач, требующих решения в ближайшей перспективе. Во-первых, это задача доизучения и кондиционного картирования наиболее перспективных объектов, рекомендованных для поискового бурения и испытаний. На данный момент площадная сейсмическая изученность бассейна с незавершенным региональным этапом и неравномерностью сети профилей ОГТ не позволяет уверенно этого делать. Во-вторых, остается проблема реконструкции истории и оценки объемов генерации нефтидов, а также сохранности потенциальных залежей. В работе на базе имеющегося материала построены лишь предварительные модели погружений осадков и генерации УВ и получены только начальные экспертные оценки, требующие дополнительных исследований и значительного уточнения. В рамках этой проблемы большим вопросом остается наличие и объем потенциально нефтематеринских толщ в докембрийских осадочных комплексах. В-третьих, остается нерешенным вопрос качественного испытания в пробуренных скважинах. С одной стороны, на сегодня притоков УВ не получено, с другой - ни одна из скважин, в силу решения иных (параметрических) задач, не была заложена и не испытывалась в благоприятных структурных и литофациальных условиях. Кроме того, качество испытаний, часто проводимых с нарушением технологических и методических рекомендаций, оставляет желать лучшего. Без решения этих вопросов, как показывает мировая практика, невозможно сделать окончательные выводы о перспективности или бесперспективности бассейна.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Филиппов, Ю.Ф. Формационный состав и структура карбон-триасового комплекса Таймыра / Ю.Ф. Филиппов // Геология и геофизика. – 1992. - № 3. - С. 10-19.
2. Каштанов, В.А., Домезозойские образования Пур-Тазовского междуречья (Тюменская область) - новый нефтегазоперспективный объект Западной Сибири / В.А. Каштанов, И.Л. Левинзон, Б.В. Никулин, Ю.Ф. Филиппов // Доклады Академии Наук. - 1992. - Т. 326. - № 2. - С. 309-312.
3. Каштанов, В.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности домезозойских образований Пур-Тазовского междуречья / Каштанов В.А., И.Л. Левинзон, Б.В. Никулин, Ю.Ф. Филиппов // Геология и геофизика. - 1993. - № 8. - С. 38-45.

4. Каштанов, В.А. Перспективы нефтегазоносности доюрских комплексов востока Западной Сибири (Пур-Тазовское междуречье, Тюменская область) Каштанов В.А., И.Л. Левинзон, Б.В. Никулин, **Ю.Ф. Филиппов** // Геология нефти и газа. - 1997. - № 5. - С.4-7.
5. Трофимук, А.А. Домезозойские комплексы левобережья Енисея – объект наращивания минерально-сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности / А.А. Трофимук, В.А. Каштанов, **Ю.Ф. Филиппов**, А.С. Ефимов, В.В. Кринин // Доклады Академии Наук. - 1998. - Т. 361. - № 3. - С. 384-387.
6. Конторович, А.Э. Кембрийский вулканизм у западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) / А.Э. Конторович, С.В. Сараев, А.Ю. Казанский, В.А. Каштанов, В.А. Пономарчук, **Ю.Ф. Филиппов** // Доклады Академии Наук. - 1999. - Т. 365. - № 4. - С. 516-519.
7. Конторович, А.Э. Новый терригенно-вулканогенный разрез кембрия и положение Западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) / А.Э. Конторович, С.В. Сараев, А.Ю. Казанский, В.А. Конторович, В.А. Пономарчук, В.М. Тищенко, **Ю.Ф. Филиппов** // Геология и геофизика. - 1999. - Т. 40. - № 7. - С. 1022-1031.
8. Елкин, Е.А. Новые данные по стратиграфии палеозоя крайнего юго-востока Западно-Сибирской плиты (по материалам глубокого бурения на Вездеходной площади, Томская область) / Е.А. Елкин, А.Э. Конторович, С.В. Сараев, В.М. Тищенко, С.А. Анастасиева, Н.К. Бахарев, О.И. Богуш, И.В. Вараксина, Н.Г. Изох, А.Г. Клец, В.А. Конторович, И.В. Коровников, В.А. Лучинина, Н.В. Сенников, Г.И. Таныгин, **Ю.Ф. Филиппов** // Геология и геофизика. - 2000. - Т. 41. - № 7. - С. 943-951.
9. Елкин, Е.А. Схема стратиграфии кембрийских отложений Приенисейской части Западной Сибири) / Е.А. Елкин, В.А. Каштанов, А.Э. Конторович, И.В. Коровников, В.А. Кринин, В.А. Лучинина, С.В. Сараев, В.М. Тищенко, **Ю.Ф. Филиппов**, А.В. Хоменко // Геология и геофизика. - 2001. - Т. 42. - № 7. - С. 1015-1027.
10. Конторович, А.Э. Предьенисейская нефтегазоносная провинция - новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири / А.Э. Конторович, В.А. Конторович, **Ю.Ф. Филиппов**, С.Ю. Беляев, Л.М. Бурштейн, В.И. Вальчак, А.А. Евграфов, А.С. Ефимов, В.А. Каштанов, А.А. Конторович, В.Н. Петров, А.В. Хоменко // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2006. - № 5-6. - С. 9–23.
11. Елкин, Е.А. Палеозойские фациальные мегазоны в структуре фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы / Е.А. Елкин,

- А.Э. Конторович, Н.К. Бахарев, С.Ю. Беляев, А.И. Варламов, Н.Г. Изох, А.В. Каныгин, В.А. Каштанов, Н.П. Кирда, А.Г. Клец, В.А. Конторович, В.И. Краснов, В.А. Кринин, С.А. Моисеев, О.Т. Обут, С.В. Сараев, Н.В. Сенников, В.М. Тищенко, **Ю.Ф. Филиппов**, А.В. Хоменко, В.Г. Хромых // Геология и геофизика. – 2007. - Т. 48. - № 6. - С. 633–650.
12. Конторович, А.Э. Новый тип разреза кембрия в восточной части Западно-Сибирской плиты (по результатам бурения параметрической скважины Восток-1) / А.Э. Конторович, А.И. Варламов, В.Г. Емешев, А.С. Ефимов, А.Г. Клец, А.В. Комаров, В.А. Конторович, И.В. Коровников, С.В. Сараев, **Ю.Ф. Филиппов**, И.В. Вараксина, В.Н. Глинских, Н.В. Лучинина, Н.В. Новожилова, Т.В. Пегель, Н.В. Сенников, А.В. Тимохин // Геология и геофизика. - 2008. - Т. 49. - № 11. - С. 1119-1128.
13. Конторович, А.Э. Разрез венда восточной части Западно-Сибирской плиты (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) / А.Э. Конторович, А.И. Варламов, Д.В. Гражданкин, Г.А. Карлова, А.Г. Клец, В.А. Конторович, С.В. Сараев, А.А. Терлеев, С.Ю. Беляев, А.С. Ефимов, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицын, А.А. Постников, **Ю.Ф. Филиппов** // Геология и геофизика. – 2008. - Т. 49. - № 12. - С. 1238-1247.
14. **Филиппов, Ю.Ф.** Численное моделирование соляного тектогенеза в кембрийских отложениях Предъенисейского осадочного бассейна (Западная Сибирь) / **Ю.Ф. Филиппов**, В.В. Лапковский, Б.В. Лунев // Геология и геофизика. - 2009. - Т. 50. - № 2. - С. 127-136.
15. Конторович, А.Э. Новый тип разреза кембрия в основании докембрийского комплекса Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна / А.Э. Конторович, В.А. Конторович, А.И. Варламов, А.Г. Клец, А.С. Ефимов, И.В. Коровников, С.В. Сараев, Н.В. Сенников, **Ю.Ф. Филиппов**, И.В. Вараксина, А.В. Тимохин // Доклады Академии Наук. - 2009. - Т. 424. - № 3. - С. 358-362.
16. Конторович, А.Э. Первый разрез венда в комплексе основания Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3 на востоке Томской области) / А.Э. Конторович, Б.С. Соколов, В.А. Конторович, А.И. Варламов, Д.В. Гражданкин, А.С. Ефимов, А.Г. Клец, С.В. Сараев, А.А. Терлеев, С.Ю. Беляев, И.В. Вараксина, Г.А. Карлова, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицын, А.А. Постников, **Ю.Ф. Филиппов** // Доклады Академии Наук. - 2009. - Т. 424. - № 6. - С. 788-791.
17. Конторович, А.Э. Разрез кембрия в восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (по результатам бурения параметрической скважины Восток-4) / А.Э. Конторович, В.А. Конторович,

И.В. Коровников, С.В. Сараев, Н.В. Сенников, **Ю.Ф. Филиппов**, А.И. Варламов, А.С. Ефимов, Ю.А. Филипцов, А.А. Постников, А.А. Терлеев, Г.А. Карлова, К.Е. Наговицин, Д.А. Токарев, Т.П. Батурина, И.А. Губин, Б.Б. Кочнев, Н.В. Новожилова, В.А. Лучинина // Геология и геофизика. - 2012. - Т. 53. - № 10. - С. 1273-1284.

18. **Филиппов, Ю.Ф.** Стратиграфия и корреляция кембрийских отложений Предьенисейского осадочного бассейна Западной Сибири / **Ю.Ф. Филиппов**, С.В. Сараев, И.В. Коровников // Геология и геофизика. - 2014. - Т. 55. - № 5-6. - С. 891-905.

19. **Филиппов, Ю.Ф.** Новый взгляд на схему стратиграфии палеозоя юго-востока Западной Сибири / **Ю.Ф. Филиппов**, В.А. Конторович, Н.В. Сенников // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. - 2014. - № 2. - С. 7-21.

20. Конторович, В.А. Численные модели формирования структур соляной тектоники, выявленных сейсморазведкой в кембрийских отложениях Предьенисейского осадочного бассейна (юго-восток Западной Сибири) / В.А. Конторович, Б.В. Лунёв, В.В. Лапковский, **Ю.Ф. Филиппов** // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. - 2014. - № 2. - С. 105-115.

21. Гражданкин, Д.В. Венд Предьенисейского осадочного бассейна (юго-восток Западной Сибири) / Д.В. Гражданкин, А.Э. Конторович, В.А. Конторович С.В. Сараев, **Ю.Ф. Филиппов**, А.С. Ефимов, Г.А. Карлова, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицин, А.А. Терлеев, Г.О. Федянин // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56. - № 4. - С. 718-734.

22. **Филиппов, Ю.Ф.** Перспективы нефтегазоносности Предьенисейского осадочного бассейна / **Ю.Ф. Филиппов** // Геология нефти и газа. - 2016. - № 6. - С 35-45.

23. **Филиппов, Ю.Ф.** Предьенисейский осадочный бассейн: сейсмогеологическая модель и геодинамическая эволюция / **Ю.Ф. Филиппов** // Геология и геофизика. - 2017. - Т. 58. - № 3-4. - С. 455-471.

Рецензируемые, входящие в РИНЦ:

24. Kontorovich, A.E. Upper Proterozoic - Paleozoic Fore-Enisei Sedimentary Basin in southeastern Siberia: geology and hydrocarbon saturation / A.E. Kontorovich, V.A. Kontorovich, S.V. Saraev, **Y.F. Filippov**, D.V. Grazhdankin, G.O. Fedyanin, I.V. Korovnikov, E.A. Kostyreva, B.B. Kochnev., A.A. Postnikov, A.A. Terleev, I.A. Gubin // Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential: Proceedings of the International conference. (30 July - 02 Aug. 2011, Novosibirsk.). - Novosibirsk:IPGG SB RAS, 2011. - P. 43-47.

25. Сараев, С.В. Палеогеография Предьенисейского осадочного бассейна в венде и кембрии / С.В. Сараев, **Ю.Ф. Филиппов**, Т.П. Батурина // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Материалы VII Всероссийского литологического совещания (28-31 октября 2013 г., Новосибирск,). В 3 т. Т 3. - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. - С. 73-76.
26. **Филиппов, Ю.Ф.** Сейсмогеологическая модель верхнепротерозойско-палеозойских комплексов Предьенисейского осадочного бассейна на востоке Западной Сибири. / **Ю.Ф. Филиппов** // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. (8-18 апреля 2014 г., Новосибирск): сб. материалов Междунар. науч. конф. В 4 т. Т.1. - Новосибирск: СГГА, 2014. - С. 176-181.
27. Сараев, С.В. Дююрские магматические комплексы Предьенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири/ С.В. Сараев, **Ю.Ф. Филиппов** // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. (13-25 апреля 2015 г., Новосибирск): сб. материалов Междунар. науч. конф. В 3 т. Т. 1 – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. - С. 145-149.
28. **Филиппов, Ю.Ф.** Геодинамическая эволюция Предьенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири/ **Ю.Ф. Филиппов** // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. (18-22 апреля 2016 г., Новосибирск): сб. материалов Междунар. науч. конф. В 4 т. Т. 1. - Новосибирск: СГУГиТ, 2016. - С. 150-155.
29. **Филиппов, Ю.Ф.** История генерации нафтидов в Предьенисейском осадочном бассейне / **Ю.Ф. Филиппов**, Л.М. Бурштейн // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. (17-21 апреля 2017 г., Новосибирск): сб. материалов Междунар. науч. конф. В 2 т. Т. 1. - Новосибирск: СГУГиТ, 2017. - С. 373-376.

Раздел в монографии (Глава 6):

30. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы / С.С. Сухов, Ю.А. Шабанов, Т.В. Пегель, С.В. Сараев, **Ю.Ф. Филиппов**, И.В. Коровников, В.М. Сундуков, А.Б. Федоров, А.И. Варламов, А.С. Ефимов, В.А. Конторович, А.Э. Конторович. Под ред. Ю.Я. Шабанова. В 2 т. Т. 1 - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. – 497 с.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 21.05.2018

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

Печ.л. 2,0. Тираж 170. Зак. № 169

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

